

## PCT

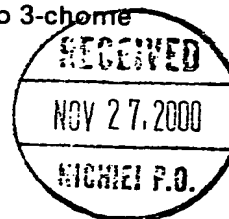
### NOTICE INFORMING THE APPLICANT OF THE COMMUNICATION OF THE INTERNATIONAL APPLICATION TO THE DESIGNATED OFFICES

(PCT Rule 47.1(c), first sentence)

From the INTERNATIONAL BUREAU

T :

MORI, Tetsuya  
Nichiei Kokusai Tokkyo Jimusho  
Muraki Building, 8th Floor  
7, Kanda-Kajicho 3-chome  
Chiyoda-ku  
Tokyo 101-0045  
JAPON



Date of mailing (day/month/year) 16 November 2000 (16.11.00)		
Applicant's or agent's file reference NSK-132-PCT		<b>IMPORTANT NOTICE</b>
International application No. PCT/JP00/02961	International filing date (day/month/year) 09 May 2000 (09.05.00)	Priority date (day/month/year) 10 May 1999 (10.05.99)
Applicant NSK LTD. et al		

1. Notice is hereby given that the International Bureau has communicated, as provided in Article 20, the international application to the following designated Offices on the date indicated above as the date of mailing of this Notice:

US

In accordance with Rule 47.1(c), third sentence, those Offices will accept the present Notice as conclusive evidence that the communication of the international application has duly taken place on the date of mailing indicated above and no copy of the international application is required to be furnished by the applicant to the designated Office(s).

2. The following designated Offices have waived the requirement for such a communication at this time:

GB,JP

The communication will be made to those Offices only upon their request. Furthermore, those Offices do not require the applicant to furnish a copy of the international application (Rule 49.1(a-bis)).

3. Enclosed with this Notice is a copy of the international application as published by the International Bureau on 16 November 2000 (16.11.00) under No. WO 00/68587

#### REMINDER REGARDING CHAPTER II (Article 31(2)(a) and Rule 54.2)

If the applicant wishes to postpone entry into the national phase until 30 months (or later in some Offices) from the priority date, a demand for international preliminary examination must be filed with the competent International Preliminary Examining Authority before the expiration of 19 months from the priority date.

It is the applicant's sole responsibility to monitor the 19-month time limit.

Note that only an applicant who is a national or resident of a PCT Contracting State which is bound by Chapter II has the right to file a demand for international preliminary examination.

#### REMINDER REGARDING ENTRY INTO THE NATIONAL PHASE (Article 22 or 39(1))

If the applicant wishes to proceed with the international application in the national phase, he must, within 20 months or 30 months, or later in some Offices, perform the acts referred to therein before each designated or elected Office.

For further important information on the time limits and acts to be performed for entering the national phase, see the Annex to Form PCT/IB/301 (Notification of Receipt of Record Copy) and Volume II of the PCT Applicant's Guide.

<p style="text-align: center;">The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland</p> <p>Facsimile No. (41-22) 740.14.35</p>	<p>Authorized officer</p> <p style="text-align: center;">J. Zahra</p> <p>Telephone No. (41-22) 338.83.38</p>
---	--

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



## 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類7

F16C 19/34, 33/32, 33/58, 33/44

A1

(11) 国際公開番号

WO00/68587

(43) 国際公開日

2000年11月16日(16.11.00)

(21) 国際出願番号

PCT/JP00/02961

(22) 国際出願日

2000年5月9日(09.05.00)

(30) 優先権データ

特願平11/128941	1999年5月10日(10.05.99)	✓	JP
特願平11/161256	1999年6月8日(08.06.99)	✓	JP
特願平11/204647	1999年7月19日(19.07.99)	✓	JP
特願平11/264168	1999年9月17日(17.09.99)	✓	JP
特願2000/22274	2000年1月31日(31.01.00)	✓	JP
特願2000/22570	2000年1月31日(31.01.00)	✓	JP
特願2000/44854	2000年2月22日(22.02.00)	✓	JP
特願2000/105323	2000年4月6日(06.04.00)	✓	JP

(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について)

日本精工株式会社(NSK LTD.)(JP/JP)  
〒141-8560 東京都品川区大崎1丁目6番3号 Tokyo, (JP)

(72) 発明者 ; および

(75) 発明者 / 出願人 (米国についてののみ)

沖田 滋(OKITA, Shigeru)(JP/JP)  
山本豊寿(YAMAMOTO, Toyohisa)(JP/JP)  
田中 進(TANAKA, Susumu)(JP/JP)  
伊藤裕之(ITO, Hiroyuki)(JP/JP)  
内田 章(UCHIDA, Akira)(JP/JP)  
藤生和弘(FUJII, Kazuhiro)(JP/JP)  
〒251-8501 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号  
日本精工株式会社内 Kanagawa, (JP)  
関野和雄(SEKINO, Kazuo)(JP/JP)  
〒252-0811 神奈川県藤沢市桐原町12番地  
日本精工株式会社内 Kanagawa, (JP)

(74) 代理人

森 哲也, 外(MORI, Tetsuya et al.)  
〒101-0045 東京都千代田区神田鍛冶町三丁目7番地  
村木ビル8階 日栄国際特許事務所 Tokyo, (JP)

(81) 指定国 GB, JP, US

添付公開書類

国際調査報告書

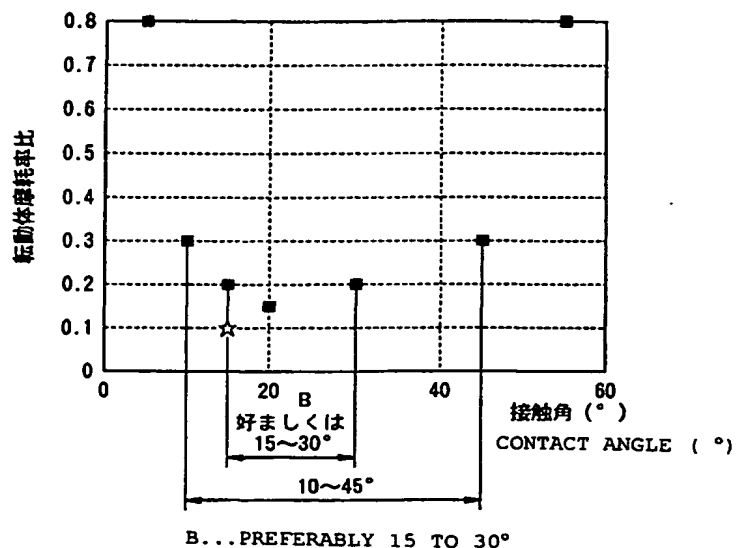
(54) Title: ROLLING BEARING

(54) 発明の名称 転がり軸受

(57) Abstract

A rolling bearing having a long life and used for, e.g. a vacuum pump under severe conditions of low-pressure atmosphere, high-speed rotation, high temperature, fluorine lubricant lubrication. A full complement angular ball bearing (with no retainer) the contact angle of which is 10 to 45°, preferably 15 to 30° is used. Therefore, the number of balls is large, the contact pressure between the inner and outer rings and the balls is low, and the degree of spin slip due to the fluctuating load is reduced, thereby decreasing the wear. The surface roughnesses of the inner and outer rings are restricted, the ratios of the roughnesses to the rolling elements are restricted, the content of Cr in the alloy steel of the rolling elements is restricted, the rolling elements are made of an oxide ceramic or a dense nitride layer is formed on the surface of the rolling elements, any foreign matters the average diameter of which exceeds 3 μm are prevented from being present on the raceway surfaces of the outer and inner rings, and a coating harder than the raceway surfaces of the outer and inner rings is provided on the surfaces of the rolling elements. As a result, the life of the rolling bearing is prolonged.

WEAR RATE RATIO OF ROLLING ELEMENTS



B... PREFERABLY 15 TO 30°

減圧雰囲気、高速回転、高温、フッ素系潤滑油潤滑条件という厳しい条件で用いられる真空ポンプ等の転がり軸受の長寿命化を図る。

接触角が $10 \sim 45^\circ$ 、好ましくは $15 \sim 30^\circ$ の総玉のアンギュラ玉軸受（保持器なし）を用いることにより、球数が増えて内外輪と玉との接触面圧を低く抑え、併せて変動荷重によるスピン滑りの度合いを低減して摩耗を減少する。また、併せて内輪及び外輪の表面粗さを限定し、それらの転動体に対する粗さ比を限定したり、転動体合金鋼のCrの含有率を限定したり、転動体を酸化物系セラミックスで形成するか、若しくは転動体の表面に緻密な窒化物層を設けたり、外輪及び内輪の軌道面上に、平均直径が $3 \mu\text{m}$ を超える異物を存在させないようにしたり、転動体の表面に、外輪及び内輪の軌道面硬さより硬い被膜を被覆したりすることにより長寿命化を図る。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AG	アンティグア・バーブーダ	DZ	アルジェリア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AL	アルバニア	EE	エストニア	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LK	スリ・ランカ	SG	シンガポール
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LR	リベリア	SI	スロヴェニア
AU	オーストラリア	FR	フランス	LS	レソト	SK	スロヴァキア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BE	ベルギー	GE	グルジア	MA	モロッコ	TD	チャード
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MC	モナコ	TG	トーゴ
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BJ	ベナン	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BR	ブラジル	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TR	トルコ
BY	ベラルーシ	GW	ギニア・ビサウ		共和国	TT	トリニダード・トバゴ
CA	カナダ	HR	クロアチア	ML	マリ	TZ	タンザニア
CF	中央アフリカ	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
CG	コンゴ	ID	インドネシア	MR	モリタニア	UG	ウガンダ
CH	スイス	IE	アイルランド	MW	マラウイ	US	米国
CI	コートジボアール	IL	イスラエル	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CM	カメルーン	IN	インド	MZ	モザンビーク	VN	ベトナム
CN	中国	IS	アイスランド	NE	ニジェール	YU	ユーゴスラヴィア
CR	コスタ・リカ	IT	イタリア	NL	オランダ	ZA	南アフリカ共和国
CU	キューバ	JP	日本	NO	ノールウェー	ZW	ジンバブエ
CY	キプロス	KE	ケニア	NZ	ニュージーランド		
CZ	チェッコ	KG	キルギスタン	PL	ポーランド		
DE	ドイツ	KP	北朝鮮	PT	ポルトガル		
DK	デンマーク	KR	韓国	RO	ルーマニア		

## 明細書

転がり軸受

## 5 技術分野

本発明は、半導体製造装置や真空ポンプ装置等のように減圧雰囲気で使用されたり、事務機器の定着部のヒートロール用等のように高温環境で使用されたりし、フッ素含有重合体を含有する潤滑油やグリース、或いはフッ化物からなるガスを含む雰囲気下で使用される転がり軸受に関するもの

1 0 である。

## 背景技術

真空度を作ったり、或いはそれを維持したりするための真空ポンプには種々のものがあるが、その中でも比較的到達真空度の低いものとしてドライスクリーンプンプがある。これは、吸入口及び吐出口を備えたポンプ本体と、このポンプ本体内に配置され、左ネジ及び右ネジが夫々切られた一対のロータと、転がり軸受によって前記ポンプ本体に回転自在に保持されたロータシャフトとを具備し、前記一対のロータが互いに非接触な状態で同期して回転することにより、吸入口に接続された容器内の気体をポンプ

1 5

2 0 本体内部に吸入し、吐出口からそれを吐出して容器内を真空状態にするものである。

前記二つのロータシャフトは転がり軸受によって回転自在に支持されるが、この転がり軸受には、通常の軸受鋼（S U J 2）が使用されることが多い。転がり軸受は、内外輪及び転動体に高い接触応力が繰り返し作用するため、内外輪及び転動体を硬く形成して、転がり疲れ寿命を長くする必要がある。従って、転がり軸受の内外輪及び転動体を前記軸受鋼（S U J 2）で形成した後、焼入、焼戻しが行われる。

2 5

また、真空ポンプ装置などのように減圧（真空を含む）雰囲気で使用さ

- れる軸受の潤滑剤としては、減圧雰囲気汚染を防ぐため、固体潤滑剤が用いられる場合があるが、軸受の寿命や信頼性を向上させるため、潤滑油等の流体潤滑剤の使用が増加している。その代表的なものに、耐食性が高く、蒸発しにくいフッ素系潤滑油が用いられている。特に、高速回転で、
- 5 場合によっては高温環境で使用される高真空ポンプでは、より信頼性の高いフッ素系潤滑油を潤滑に使用することが多くなっている。従来、このような真空を含む減圧雰囲気で使用される転がり軸受では、潤滑剤をフッ素系潤滑油に変更するだけで、軸受自体の精度などは通常仕様（例えば精度では J I S B 1 5 1 4 程度）のままである。
- 1 0 一方、事務機器の定着部のヒートロールなどの 2 0 0 °C を超える高温環境下でも、耐熱性に優れ、蒸発量が少なく、化学的に安定なフッ素系潤滑油やフッ素系グリースが用いられている。このようなフッ素系潤滑油やフッ素系グリースには、例えばパーフルオロポリエーテル（P F P E）油や、この P F P E 油を基油としたフッ素系グリースなど、フッ素含有重合体
- 1 5 を含有する潤滑油又はグリースが挙げられる。通常の使用環境下では、このようなフッ素含有重合体を含有する潤滑油やグリースによる潤滑には何ら問題はなかった。
- しかしながら、近年、複写機（P P C）、レーザビームプリンタ（L B P）、ファックス（F A X）或いはこれらの複合機に代表される事務機器
- 2 0 では、コンパクト化、省エネルギー化、リサイクル化、高速化等の傾向が高まりつつあり、そのためにより小さいサイズ、より過酷な条件（高速、高荷重）でのトルク寿命が長いことが要求されるようになってきている。また、前記真空ポンプの分野においても、大容量化やコンパクト化のために、より高温、高速下で長時間作動する転がり軸受が要求されている。更
- 2 5 に、半導体や液晶パネル製造分野においても、基板の大型化や搬送の高速化に伴い、使用される転がり軸受に対して高荷重、高速下での長期間作動が要求されている。

これらとは個別に、外輪軌道と内輪軌道との間で、転動体を等配に保持

する保持器の一般的な材料としては、SPCC材やHB<sub>s</sub>C1材、PA66樹脂材等が使用されている。前記真空ポンプの支持軸受等のように耐食性を要求される転がり軸受には、延性に乏しいが、耐食性のある高機能樹脂材料によって環状に形成された転がり軸受用保持器が用いられている。

- 5 この転がり軸受用保持器には、転動体を開口部から收容して転動可能に保持するポケットが周方向に所定の間隔をあけて複数設けられている。

図24を参照すると、従来、各ポケット30の開口部寸法Fは夫々、転動体径Gの85～93%の値に設定されている。従って、各転動体31は夫々、各ポケット0の爪部32を周方向に押し広げるようにして、開口部  
10 33から各ポケット30に組み込まれる。これにより、各ポケット30への転動体31の組み込み易さと、各ポケット30に組み込まれた転動体31の抜け落ち難さを両立させている。

#### 発明の開示

- 15 ところで、高速回転で、場合によっては高温環境で使用される真空ポンプ用の転がり軸受では、潤滑油温の上昇により潤滑油膜が低下するとか、潤滑油がポンプ部を汚染するのを防止するため、油浴中の潤滑ができず、ギヤなどによる跳ねかけ式の潤滑方式となるため、潤滑油の供給が不十分になり易いといった、潤滑条件の不十分さが懸念される。更に、フッ素系  
20 潤滑油は通常の鉱油系潤滑油に比べて、比重が高く、所謂ぬれ性が極端に低下するため、潤滑油膜の形成が困難な傾向にあり、より一層潤滑条件が厳しくなっている。また、大気を排気し始めているとき、前記ドライスクリュウポンプのロータを支えている軸受に短時間であるが過大なアキシャル荷重が負荷され、軸受にアキシャル荷重変動が生じる。このような厳し  
25 い潤滑条件が重なり、潤滑が不十分になると、軸受軌道面にピーリング摩耗やピーリング剥離が生じる恐れがある。

また、フッ素系潤滑油の油浴潤滑が採用される場合、装置の構造上、油面高さが十分ではなく（ハウジング内径面下側より軸受のピッチ円径の油

面高さ)潤滑状態がよくないことがある。即ち、図20乃至図23に示す組合せアンギュラ玉軸受や複列アンギュラ玉軸受などは、油面付近の潤滑状態はよいが、油面の反対側の部分は軸受の回転により潤滑することになり、潤滑状態が悪く、保持器、転動輪、及び転動体の野間網が促進され、保持器破損、転動体の変色、ひいては軸受破損に至ることがある。なお、図中の符号100は外輪、200は内輪、300は転動体、400は保持器を示す。

また、フッ素系潤滑油は、鉄と反応してフッ化鉄を生成し、これが触媒となってフッ素系潤滑油が分解される。前述のように潤滑が不十分となり、転動体と軌道輪の軌道面とが直接接触すると、その接触点で局部的に非常に高温となり、これによりフッ素系潤滑油(PFPE油等)が分解し、転動体や軌道輪や保持器の表面が腐食され、短寿命となることもある。こうした問題に対処すべく、工作機械や真空ポンプ装置等の高速用途においては、金属との耐凝着性や耐焼付き性に優れ、且つ軽量であるという利点から、転動体に窒化珪素( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )が使用されている。しかし、油膜切れ等により局部的高温になった場合には、PFPE油が窒化珪素の主成分であるSiと反応し、その結果、 $\text{Si}_2\text{F}_6$ ガスが発生して脆くなり、異常摩耗が発生するという別の問題が生じる。

これらの問題は、フッ素含有重合対を含有する潤滑油やグリースによる潤滑条件下以外にも、例えばフッ化物からなるガスを含む雰囲気下で使用される転がり軸受にも全く同様に発生する可能性がある。

また、これらとは個別に、前記従来の転がり軸受用保持器において、例えばポリアミド樹脂よりも変形性が小さい樹脂材料、例えばポリフェニレンサルファイド(PPS)樹脂等の高機能樹脂を材料として用いた場合、開口部33からポケット30に転動体31を組み込む際(図24参照)、ポケット30の爪部32を押し開くように作用する力によって、保持器全体に曲げモーメントが作用し、ポケット30底部の肉厚の小さい(強度の小さい)部位、具体的にはウェルドライン34のあるポケット30底部に



、クラック、割れ等を生じる可能性がでてくるという問題がある。特に、アキシャルドロローにおいて、奇数個のポケット底部にウェルドラインを生じた場合、クラック発生起点となり易い。

- 5 本発明は前記諸問題を解決すべく開発されたものであり、フッ素系潤滑油による厳しい潤滑条件下でも長寿命な転がり軸受を提供すると共に、保持器のポケットに転動体を組み込む際、ウェルドラインのあるポケットにクラックや割れ等が発生しない転がり軸受を提供することを目的とするものである。

- 10 本願発明者等は、フッ素系潤滑油で潤滑された転がり軸受に発生するピーリング摩耗やピーリング剥離の形態について調査を重ねた結果、以下の特徴をつかんだ。

- a. 内輪若しくは外輪にピーリングが発生した転がり軸受の転動体は必ず摩耗している。
- b. ピーリングが発生した内・外輪や転動体の軌道面には摩耗粉などの異物を噛み込んだ跡や、異物によるアブレッシブな摩耗形態が見られる。
- 15 c. 内輪や外輪にピーリングが発生していなくても、転動体が傷ついたり、摩耗したりしている場合が見られる。
- d. 転動体が傷ついたり摩耗したりしている軸受は、鋼製保持器のポケット部に異常な摩耗が発生している。

- 20 以上の結果から、ピーリング発生は、まず転動体から始まっていることが容易に推測される。そして、そのメカニズムを推定すると、

- 1. フッ素系潤滑油で潤滑され、更に高回転で使用される真空ポンプ用軸受は潤滑条件が非常に厳しい。つまり、フッ素系潤滑油はぬれ性が悪いため、隙間に潤滑油が行き届きづらく、更に高回転での温度上昇なども加味
- 25 されると、特に保持器回りの潤滑能力が低下してしまう。そのため、転動体と保持器とが強く接触する場合がある。
- 2. 保持器の潤滑が不十分だと、転動体との接触で保持器のポケット部が摩耗したり、転動体自身も傷が付いて表面の粗さが悪くなったりする。

3. 厳しい潤滑条件下で粗さが悪くなった転動体は、内輪・外輪に金属接触して内輪・外輪にピーリングが発生する。また、保持器の摩耗粉により転動体や内輪・外輪のピーリングが促進される。

5       そこで、本発明のうち請求項1に係る転がり軸受は、少なくとも、外輪軌道を有する外輪と、内輪軌道を有する内輪と、前記外輪軌道と内輪軌道との間に転動自在に配置された転動体とを備え、前記外輪軌道と内輪軌道との間で、前記転動体の公転方向に当該転動体を等配する保持器を選択的に有し、フッ素含有重合体を含む潤滑油又はグリースによる潤滑下、  
10       或いはフッ化物からなるガスを含む雰囲気下で使用される転がり軸受において、総玉のアンギュラ玉軸受からなり、接触角が $10^{\circ}$ 以上 $45^{\circ}$ 以下であることを特徴とするものである。

      また、本発明のうち請求項2に係る転がり軸受は、前記請求項1の発明において、前記接触角を $15^{\circ}$ 以上 $30^{\circ}$ 以下としたことを特徴とするものである。

15       アンギュラタイプの総玉軸受にすることにより、玉数が通常の深溝玉軸受の約2倍になるため、内外輪と玉との接触面圧を低く抑えることができ、摩耗を減少することができる。また、アンギュラタイプの玉軸受は接触角を持っているため、深溝玉軸受より変動荷重によるスピン滑りの度合いが少なくなり、摩耗が少なくなる。接触角は $10^{\circ}$ ～ $45^{\circ}$ が好ましく、更  
20       に好ましくは $15^{\circ}$ ～ $30^{\circ}$ が好ましい。接触角が $10^{\circ}$ 未満では、負荷容量が小さく、変動荷重に弱い。一方、 $45^{\circ}$ を超えると、スピン滑りが大きくなり、摩耗が多くなる。また、転動体にセラミックスを用いることにより、転動体の硬さが増し、摩耗を減少させることができるのである。

      また、本発明者等はフッ素系潤滑油による潤滑条件下での粗さの影響を  
25       調査した結果、(ア)内輪及び外輪の粗さが悪くなると転動体が摩耗し、(イ)内輪及び外輪の粗さと転動体の粗さとの比が大きくなると転動体が摩耗するという現象が現れる。

      これは、フッ素系潤滑油による厳しい潤滑条件下で粗さが悪くなると、

金属接触を起こして、新たな粗さの悪化や、接触摩耗を起こし、ピーリング摩耗が発生し易くなるためである。

- また、摩耗した転動体をよく観察すると、微小な異物（数 $\mu\text{m}$ レベル）による引っ掻き傷が無数に存在することが確認された。これは、金属接触や接触摩耗で発生した微細な摩耗粉によるアブレッシブな摩耗によるもの
- 5      と考えられるが、内輪及び外輪の粗さが悪くなると摩耗粉が多くなり、転動体の摩耗が大きくなる傾向を示した。

- ここで、高温・高速環境で使用される真空ポンプ用軸受は、温度により軸受が経時寸法変化を起こさないように寸法安定化処理を施す。寸法安定
- 10    化処理とは、予め軸受が使用される温度より高い温度で軸受を熱処理することであり、一般的には焼戻工程で行われる処理である。但し、その処理温度によっては、軸受材料の焼戻しが進むため、焼戻しによる軟化現象が起こってしまう。つまり、通常の焼戻しに対して寸法安定化処理を行った場合は軸受の硬さが低下する傾向にある。

- 15    更に、硬さの低下により軸受材料は延びや靱性が向上し、材料に粘りが  
、      であるため、軸受の研削工程に対して、仕上がりにくくなり、軸受軌道面の粗さが悪くなる傾向にある。

従って、このような高温仕様の軸受はフッ素系潤滑油による厳しい潤滑条件下で粗さの悪化により摩耗が発生し易いという傾向が確認された。

- 20    そこで、本発明のうち請求項3に係る転がり軸受は、前記請求項1又は2の発明において、前記外輪及び内輪の表面粗さが $0.05\mu\text{m Ra}$ 以下で、且つ転動体の表面粗さに対する外輪又は内輪の表面粗さの比が6以下であることを特徴とするものである。なお、転動体の表面粗さに対する内輪又は外輪の表面粗さの比 $K$ は下記で示される。

- 25     $K = (\text{内輪又は外輪の表面粗さ (Ra)}) / (\text{転動体の表面粗さ (Ra)})$

以下、臨界的意義について説明する。

[内輪及び外輪の表面粗さが $0.05\mu\text{m}$ 以下]

前述のように、内輪、外輪の粗さが悪化すると、フッ素系潤滑油による潤滑条件下で転動体が摩耗する現象が確認されている。内輪、外輪の粗さと寿命の関係を図2に示す。内輪、外輪の粗さが $0.05\mu\text{mRa}$ を超えると寿命が著しく低下する。また、 $0.04\mu\text{mRa}$ 以下になると安定した寿命が得られるため、望ましくは $0.04\mu\text{mRa}$ 以下とする。また、粗さの向上は、寿命の面からは良好であるが、加工工程の能力や加工時間などを考慮すると、通常の軸受の製造工程では $0.01\mu\text{mRa}$ 未満にすることはかなり困難であり、加工コストが極端に増大するため、内輪、外輪の粗さは $0.01\mu\text{mRa}$ 以上が望ましい。

10 [転動体の表面粗さに対する内輪又は外輪の表面粗さの比が6以下]

内輪、外輪の粗さが悪くなると金属接触や接触摩耗を起こし易くなるが、このような接触摩耗では相手側の粗さも関係してくることが知られている（特開平6-50344号公報参照）。フッ素系潤滑油による潤滑条件下においても同様の現象が現れ、転動体の粗さがよすぎると、内輪、外輪の粗さが $0.05\mu\text{mRa}$ 以下でも転動体に摩耗が発生する。

転動体の表面粗さに対する内輪又は外輪の表面粗さの比（以下、単に粗さ比とも記す）と寿命の関係を図3に示す。粗さ比が6を超えると寿命が著しく低下する。また、同じく粗さ比が5以下になると安定した寿命が得られるので、望ましくは粗さ比は5以下とする。また、粗さ比の減少は寿命の面からは良好であるが、転動体が特に玉の場合は、元々内輪、外輪に比べて粗さが良好であり、粗さ比を小さくするためには、内外輪の粗さを極端によくする必要が生じるが、前述のように、通常の軸受の製造工程では大幅な粗さ向上は望めず、逆に玉の粗さを悪化することで粗さ比を小さくすると、今度は軸受の音響レベルが低下するため、加工コストと音響レベルとを考慮すると粗さ比は3以上が望ましい。

また、本発明のうち請求項4に係る転がり軸受は、前記請求項1乃至3の発明において、少なくとも前記転動体が、Crの含有率7重量％以上27重量％以下の合金鋼から形成され、その表面に微細炭化物が均一に分散

していることを特徴とするものである。

Cr を多く含む合金鋼は、表面に緻密で安定な酸化膜（不動態）を形成すると共に、硬くて粒成長の遅い（粒径が小さい） $M_7C_3$  型又は  $M_{23}C_6$  型の炭化物を生成する。この転がり軸受によれば、この酸化膜及び炭化物が少なくとも転動体の表面に存在することにより、潤滑膜が薄くなって転動体の転動面と軌道輪の軌道面との直接接触が生じた場合でも、凝着摩耗の発生を防止することができる。また、転動体と軌道輪との接触点が局部的に著しく高温になった場合でも、転動体及び軌道輪の表面にフッ素系潤滑剤やフッ化物ガスによる腐食が生じることを抑制できる。

10      このような作用が得られるようにするためには、使用する合金鋼のCr含有率を7重量%以上にする必要がある。但し、使用する合金鋼のCr含有率が27重量%を超えると、素材の段階で巨大なCr炭化物が形成されて、その周りに応力集中が生じるため好ましくない。また、Crは高価な元素であるため、大量に含有させるとコストが高くなる。

15      この転がり軸受において、少なくとも転動体を形成する合金鋼のCr含有率の好ましい範囲は、7重量%以上25重量%以下であり、より好ましい範囲は7重量%以上22重量%以下であり、更に好ましい範囲は10重量%以上22重量%以下である。更に、少なくとも転動体を形成する合金鋼は、Cr含有率が7重量%以上27重量%以下であり、Si含有率が020      10重量%以上1.5重量%以下であることが好ましい。

Siは、製鋼時の脱酸素剤として0.10重量%以上含有させる必要がある。Siは、また、転がり疲れ寿命を向上させるために有効な元素であるが、高温環境下でフッ素含有重合体やフッ化物と反応して、フッ化珪素（ $Si_2F_6$ ）ガスを生成する元素でもある。このガスは、転動体と軌道

25      輪との接触点が局部的に著しく高温になった場合等に、潤滑剤に含まれるフッ素含有重合体又は雰囲気ガス中のフッ化物と、転動体や軌道輪を形成する合金鋼中のSiとが反応したことにより生じる。そのため、このガスの生成に伴い、転動体の転動面や軌道輪の軌道面が脆くなって、転動体の

- 転動面と軌道輪の軌道面との間に摩耗が生じる。フッ化珪素ガスの発生を防止して、このような摩耗が生じないようにするためには、使用する合金鋼中の珪素含有率を1.5重量%以下とすることが好ましく、1.0重量%以下にすることがより好ましく、0.8重量%以下にすることが更に好ましい。
- 5 この転がり軸受において、少なくとも転動体を形成する合金鋼は、Cr含有率が7重量%27重量%以下であり、Si含有率が0.10重量%以上1.5重量%以下であり、N含有率が0.05重量%以上0.20重量%未満であることが望ましい。
- 10 Nが合金鋼に含まれていると、焼入れによって生じるマルテンサイトが強化されて、耐孔食性が向上する。従って、Nを含む合金鋼を使用することによって、転動体と軌道輪との接触点が局部的に著しく高温になった場合に、転動体及び軌道輪の表面にフッ素系潤滑剤やフッ化物ガスによる腐食が生じることを抑制できる。また、Nが合金鋼に含まれていると、巨大
- 15 なCr炭化物の形成が抑制されるため、応力集中に起因する早期剥離が防止される。
- このような作用が得られるようにするためには、使用する合金鋼のN含有率を0.05重量%以上にする必要がある。但し、合金鋼中に0.20重量%以上のNを含有させるためには、製鋼を高圧N雰囲気で行う必要があり、生産設備やメンテナンスにかかる費用の分だけコスト高となる。大
- 20 気圧中での製鋼によって0.20重量%以上のNを含有させようとする、凝固過程で気泡が生じてインゴットに多量の気孔が含まれたり、焼入れ時に多量の残留オーステナイトが生じて、焼入硬さが低下したりする恐れがある。このようなことを避けるために、使用する合金鋼のN含有率は0
- 25 .20重量%未満であることが好ましい。より好ましいNの含有率は0.05重量%以上0.19重量%以下であり、更に好ましいNの含有率は0.08重量%以上0.19重量%以下である。
- この転がり軸受において、少なくとも転動体を形成する合金鋼には、前

述したCr、Si、N以外に、Mnを1.5重量%以下の含有率で含有することが好ましい。Mnは製鋼時に脱酸素剤として作用する。また、これ以外にも、焼入性を良好にするMoや、耐摩耗性を向上するV等を含有することが好ましい。

- 5       また、この転がり軸受において、内輪、外輪、及び転動体の少なくとも一つは、軌道面又は転動面の硬さがHv450以上となっていることが好ましい。これにより、ある程度の荷重が負荷された状態でも、軌道輪の軌道面と転動体の転動面との接触点に、組成変形による永久歪み（窪み）が生じることが防止される。その結果、ある程度の荷重が負荷された場合でも転がり疲れ寿命が極端に低下することはない。

- 10       なお、この転がり軸受は、少なくとも転動体が、Crの含有率7重量%以上27重量%以下の合金鋼で形成されたものであればよく、内輪及び外輪等については、従来より一般的に使用されている材料で形成することができる。この材料としては、SUJ2やNSJ2等の軸受鋼、窒化珪素（ $Si_3N_4$ ）、炭化珪素（SiC）、サイアロン（Sialon）、部分安定化ジルコニア（ $ZrO_2$ ）、アルミナ（ $Al_2O_3$ ）等のセラミックスが挙げられる。

- 15       また、本発明のうち請求項5に係る転がり軸受は、前記請求項1乃至4の発明において、少なくとも前記転動体が、酸化物系セラミックスからなるか、若しくは転動体の表面に緻密な窒化物層を備え、当該転動体の表面粗さが0.005 $\mu mRa$ 以下で、且つ表面硬さがHv900以上であることを特徴とするものである。

- 20       この転がり軸受では、前記酸化物系セラミックスを、ジルコニアを主成分とするセラミック材料や、アルミナを主成分とするセラミック材料でなるものとすることができる。この転がり軸受にあつては、転動体の表面又は転動体自体に、化学的に非常に安定な酸化物系のセラミックスであるジルコニアを主成分とするセラミック材料、或いはアルミナを主成分とするセラミック材料を使用するため、局部的に高温になった場合でも、PFP

E油と反応することが非常に少ない。その結果、より摩耗を低減し、長寿命化することができる。

5 また、この転がり軸受は、特に真空環境で使用するにあたり、転動体表面を緻密な窒化物層でHv900以上と内輪、外輪より硬くしたことにより、ピーリングを防止して摩耗を軽減でき、高速回転で長期間作動させることができる。また、表面に窒化層を有することにより、フッ素系潤滑油の分解を抑制して潤滑性を向上させることができる。また、窒化層は鋼表面より反応性が低いため、表面の腐食摩耗を低減することができる。

10 更に、内輪、外輪と転動体との組合せが、鋼と窒化層との組合せになるため、鋼と鋼との組合せに比べて摩耗が生じにくくなる（異種材料の組合せ効果）。なお、転動体の表面粗さが0.005 $\mu$ mRaを超えると、転動体の粗さが悪すぎてざらつき摩耗を発生し易くなるため、転動体の表面粗さは0.005 $\mu$ mRa以下とする。

15 また、この転がり軸受は、内輪、外輪、転動体のうち、少なくとも転動体が異なること以外は、一般的な転がり軸受と同様にして構成してよい。従って、転動体以外に用いられる材料には、一般に使用される軸受鋼（SUJ2、浸炭鋼等）、マルテンサイト系ステンレス（SUS440C、0.45C-13Cr-0.13Nマルテンサイト系ステンレス鋼等）、析出硬化系ステンレス（SUS630等）、チタン合金などを挙げることが  
20 できるが、特にこれらに限定されるものではない。

また、前述した異物の噛み込み痕や摩耗形態を更に詳しく観察すると、同じ傷跡が繰り返し残留している様子が見られた。この結果から、前述のようなピーリング破損が発生する原因として異物混入が考えられる。即ち、異物が内輪及び外輪の軌道面上に固定されて、転動体に繰り返し傷を付  
25 けていくうちに、該転動体の転動面の粗さが増し、やがて内輪及び外輪の軌道面に前記ピーリング破損が発生するというメカニズムが推定される。

そこで、フッ素系潤滑油で潤滑された転がり軸受を回転させ、前記ピー



- リング破損が発生する以前の比較的良好な状態において、転がり軸受の軌道面を観察した。その結果、このような疲労初期状態においても、内輪、外輪、及び転動体に前記と同様の傷跡が繰り返し付けられている様子が確認された。そして、この固定された異物の状態や成分を調査したところ、
- 5 非金属成分であるアルミナ等のセラミックス成分であった。

- 更にフッ素系潤滑油で潤滑された未使用の転がり軸受に関しても、その軌道面を観察したところ、僅かではあるが、セラミック成分や金属系の異物の存在が確認され、転がり軸受の完成時において、既に軌道面に異物が付着している可能性があることが分かった。そして、このような異物は、
- 1 0 転がり軸受の軌道面を研削加工により仕上げる際に使用する加工砥石を形成している砥粒が、前記軌道面に残留したものと考えられた。

- これらのことから、フッ素系潤滑油で潤滑された転がり軸受は、研削加工工程において転がり軸受の軌道面に残留した僅かな砥粒が、前記ピーリング破損を引き起こし、転がり軸受の寿命を大きく低下させている可能性
- 1 5 があることが分かった。

- 一方、上記の未使用の転がり軸受の軌道面に付着していた異物と比べて、前記ピーリング破損が発生する以前の比較的良好な状態の転がり軸受の軌道面に付着していた異物は、発見される頻度や存在する量に大きなばらつきがあった。このことから、前記ピーリング破損が発生する原因は、研
- 2 0 削加工工程において転がり軸受の軌道面に残留した僅かな砥粒等の異物だけではないことが容易に推測された。

- そこで、本発明者等は、異物の侵入経路を更に調査した結果、転がり軸受に充填するフッ素系潤滑油にセラミック成分や金属系の異物が存在することを確認した。これは、フッ素系潤滑油が通常の潤滑油に比べて比較的
- 2 5 高価であるため、少量（0.5～2リットル程度）を樹脂製等の容器に小分けしてから使用する場合が多いので、この容器に存在する異物によりフッ素系潤滑油が汚染される可能性があることが推測された。

そして、本発明者等は、上記のような内輪及び外輪の軌道面に付着した

異物を取り除くためには、内輪及び外輪の軌道面にバレル処理等の表面加工処理を施すことが有効であり、更にフッ素系潤滑油中に含まれる異物を取り除くためには、フッ素系潤滑油を濾過することが有効であることを見出した。

- 5 而して、本発明のうち請求項 6 に係る転がり軸受は、前記請求項 1 又は 2 の発明において、少なくとも前記外輪及び内輪の軌道面上に、平均直径が  $3\mu\text{m}$  を超える異物が存在していないことを特徴とするものである。

- なお、前記平均直径とは、前記異物の長径と短径との平均値を意味する。  
前記外輪及び内輪の軌道面上に  $3\mu\text{m}$  を超える平均直径を有する異物が  
10 存在すると、転がり軸受の寿命が不十分となる。そして、前記異物が存在しないか、又は存在しても  $3\mu\text{m}$  以下の平均直径であれば、該転がり軸受は長寿命である。

- 前記軌道面上に  $3\mu\text{m}$  を超える平均直径を有する異物が存在しないようにする方法としては、前記軌道面に表面加工処理を施す方法が挙げられる  
15 。この処理により、前記軌道面上に存在する前記異物を除去することができる。表面加工処理としては、例えばバレル処理やクロス処理等が挙げられる。

- また、転がり軸受の空隙部内に充填する前に、フッ素系潤滑油を濾過する方法が挙げられる。濾過により、フッ素系潤滑油中の異物が除去される  
20 から、当該フッ素系潤滑油から軌道面上に異物が供給されない。

なお、前記表面加工処理及びフッ素系潤滑油の濾過は、その一方を行ってもよいが、その両方を行うことにより、より高い効果が得られ、より長寿命の転がり軸受が得られる。

- また、真空ポンプで使用される転がり軸受は、通常、軸受鋼（S U J 2  
25 ）が用いられ、焼入れされている。焼入後の軸受鋼の硬さは、 $Hv750\sim800$  である。

真空ポンプの転がり軸受は、高温、高速条件で使用される傾向にある。また、半導体製造装置などで使用される真空ポンプでは、腐食性ガスを排

気することもあり、転がり軸受の潤滑には、反応性の低いフッ素系潤滑油が使用される。前述のようにフッ素系潤滑油は潤滑性が余りよくなく、潤滑不良によって軸受転走面に摩耗が生じることがある。この摩耗を防止するためには、軸受転走面を更に硬くすることによって、摩耗を軽減することができる。

而して、本発明のうち請求項 7 に係る転がり軸受は、前記請求項 1 又は 2 の発明において、少なくとも前記転動体の表面に、外輪及び内輪の軌道面硬さより硬い被膜を被覆したことを特徴とするものである。

転がり軸受より硬い被膜としては、クロム、無電解ニッケル、Ni-W、窒化チタン、炭化チタン、窒化クロム、硬質カーボン、ダイヤモンドといった、金属やセラミックス系の被膜を例示することができる。

また、前述のようにフッ素系潤滑油と鉄が反応してフッ化鉄を生成し、それが更に触媒となってフッ素系潤滑油を分解することになる。これに対して、転がり軸受の鉄表面を他の材料で被膜をすることによって、フッ素系潤滑油の分解を抑制防止し、その分だけ潤滑性を向上することが可能となる。特に、セラミックス系の被膜がフッ素系潤滑油の分解抑制に効果がある。

また、本願発明者等は、前記ピーリング発生までの推定メカニズムを証明するため、プラスチック製の保持器を用いて、フッ素系潤滑油による潤滑条件下で寿命試験を行ったところ、当該プラスチック製の保持器は転動体との接触で当該転動体を傷つけることがなく、また摩耗粉も硬さが低いために内輪・外輪、転動体を傷つけることがなく、長寿命となった。これらから、本願発明者等は、フッ素系潤滑油による潤滑条件下では、保持器の材質と転動体との組合せがピーリング破損に起因する軸受寿命に大きく影響することを見出した。

而して、本発明のうち請求項 8 に係る転がり軸受は、外輪軌道を有する外輪と、内輪軌道を有する内輪と、前記外輪軌道と内輪軌道との間に転動自在に配置された転動体を備え、前記外輪軌道と内輪軌道との間で、前記

- 転動体の公転方向に当該転動体を等配する保持器を選択的に有し、フッ素含有重合体を含有する潤滑油又はグリースによる潤滑下、或いはフッ化物からなるガスを含む雰囲気下で使用される転がり軸受において、前記保持器は、高機能樹脂材料によって環状に形成され、且つ前記転動体を開口部から收容して転動可能に保持するポケットが周方向に所定の間隔をあけて複数設けられ、且つウェルドラインのあるポケットの開口部寸法が、転動体径の93%以上の値であり、且つ他の少なくとも2以上のポケットの開口部寸法が夫々、転動体径の80%以上93%以下であることを特徴とするものである。
- 5
- 10      また、本発明のうち請求項9に係る転がり軸受は、外輪軌道を有する外輪と、内輪軌道を有する内輪と、前記外輪軌道と内輪軌道との間に転動自在に配置された転動体とを備え、前記外輪軌道と内輪軌道との間で、前記転動体の公転方向に当該転動体を等配する保持器を選択的に有し、フッ素含有重合体を含有する潤滑油又はグリースによる潤滑下、或いはフッ化物
- 15      からなるガスを含む雰囲気下で使用される転がり軸受において、前記保持器は、P T F E樹脂材料又はP P S樹脂材料から構成されるか、若しくはポケットの内・外径側に面取を形成すると共にポケット底部に貫通孔を設けて構成されるかの何れか一方又は双方であることを特徴とするものである。
- 20      また、本発明のうち請求項10に係る転がり軸受は、外輪軌道を有する外輪と、内輪軌道を有する内輪と、前記外輪軌道と内輪軌道との間に転動自在に配置された転動体とを備え、前記外輪軌道と内輪軌道との間で、前記転動体の公転方向に当該転動体を等配する保持器を選択的に有し、フッ素含有重合体を含有する潤滑油又はグリースによる潤滑下、或いはフッ化
- 25      物からなるガスを含む雰囲気下で使用される転がり軸受において、前記保持器は、高機能樹脂材料によって環状に形成され、且つ前記転動体を開口部から收容して転動可能に保持するポケットが周方向に所定の間隔をあけて複数設けられ、且つウェルドラインのあるポケットの開口部寸法が、転

動体径の 93%以上の値であり、且つ他の少なくとも 2 以上のポケットの開口部寸法が夫々、転動体径の 80%以上 93%以下であり、当該保持器は、P T F E 樹脂材料又は P P S 樹脂材料から構成されるか、若しくはポケットの内・外径側に面取を形成すると共にポケット底部に貫通孔を設けて構成されるかの何れか一方又は双方であることを特徴とするものである。

5           なお、前記高機能樹脂材料としては、耐食性に優れた高機能エンジニアリングプラスチック、具体的にはポリフェニレンサルファイド (P P S) 樹脂、ポリエーテルエーテルケトン (P E E K) 樹脂、ポリブチレンテレ  
10          フタレート (P B T) 樹脂等が好適に用いられる。

#### 図面の簡単な説明

- 図 1 は、本発明の転がり軸受の一実施形態を示す縦断面図である。
- 図 2 は、内・外輪の表面粗さと寿命との関係を示す説明図である。
- 15          図 3 は、内・外輪の転動体に対する粗さ比と寿命との関係を示す説明図である。
- 図 4 は、被膜の硬さと転動体摩耗率との関係を示す説明図である。
- 図 5 は、転動体の硬さと摩耗量比との関係を示す説明図である。
- 図 6 は、転動体の表面粗さと摩耗量比との関係を示す説明図である。
- 20          図 7 は、総玉アンギュラ玉軸受の接触角と転動体摩耗量比との関係を示す説明図である。
- 図 8 は、本発明の転がり軸受の一実施形態を示すスラスト玉軸受の断面図である。
- 図 9 は、濾過していないフッ素系潤滑油を使用したときの異物の最大径  
25          と軸受の寿命との関係を示す説明図である。
- 図 10 は、濾過したフッ素系潤滑油を使用したときの異物の最大径と軸受の寿命との関係を示す説明図である。
- 図 11 は、本発明の転がり軸受に採用された保持器の一実施形態を示す

斜視図である。

図 1 2 は、図 1 1 の転がり軸受用保持器のウェルドラインのあるポケットを示す要部側面図である。

5 図 1 3 は、図 1 1 の転がり軸受用保持器の他のポケットを示す要部側面図である。

図 1 4 は、転がり軸受用保持器の引張強度の試験方法の説明図である。

図 1 5 は、本発明の転がり軸受の一実施形態を示す縦断面図である。

図 1 6 は、図 1 5 の転がり軸受の保持器の断面図である。

1 0 図 1 7 は、図 1 5 の転がり軸受の保持器の一部を示す平面図である。

図 1 8 は、保持器の一部を示す断面図である。

図 1 9 は、真空ポンプの概略構成図である。

図 2 0 は、従来の組合せアンギュラ玉軸受の縦断面図である。

図 2 1 は、図 2 1 のアンギュラ玉軸受の保持器の断面図である。

1 5 図 2 2 は、従来の複列アンギュラ玉軸受の縦断面図である。

図 2 3 は、図 2 3 のアンギュラ玉軸受の保持器の断面図である。

図 2 4 は、従来の転がり軸受用保持器のウェルドラインのあるポケットを示す要部側面図である。

## 2 0 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態について説明する。

図 1 は本実施形態の転がり軸受の断面図である。この転がり軸受は深溝玉軸受であり、複数の転動体（ボール）5 と、それよりも内方に位置する内輪 3 と、それよりも外方に位置する外輪 1 とからなり、転動体 5 は内輪 3 と外輪 1 との間に保持されながら、転がり案内される。このとき、内輪 3 及び外輪 1 には、転動体 5 を案内するための転動溝が設けられており、転動体 5 は、前記転動溝において保持器 6 によって等配に保持されている。

2 5

- 本発明の第一の実施形態は、真空ポンプ装置などのように、真空を含む減圧、且つフッ素系潤滑油で潤滑される転がり軸受を前提としている。そして、この実施形態である実施例及び比較例として、下記表 1 に示すように、実施例としてプラスチック製、比較例として金属製の保持器を用意した。
- 5 実施例であるプラスチック製の保持器として、熱可塑性プラスチックであるポリアミドのナイロン 6 6 及びポリフェニレンサルファイド（PPS）を、比較例である金属製の保持器として、保持器用鋼板である低炭素鋼板の S P C C 及び調質鋼である S 5 0 C M を用い、同一形状の保持器を製作した。

表 1

項 目	材質の分類		金属製		プラスチック製	
	材質		SPCC	S50CM	ナイロン66	PPS(GF25%)
	密度(g/cm <sup>3</sup> )		7.86	7.86	1.14	1.64
	線膨張係数 (10 <sup>-5</sup> ×1/°C)		1.16	1.18	7~10	2~7
	弾性率(GPa)		210	210	3.3	7.5
	引張強度(MPa)		280以上	440以上	90	160
	硬さ(注)		*105以下	*180以下	**120	**120
	粗さ(μm)		0.025	0.025	2S以下	2S以下
	備考		焼ならし	調質	強化なし	ガラス繊維25%

(注)1、硬さの値は、金属製\*がHv、プラスチック製\*\*はHRRスケールである。



- 一方、内輪・外輪及び転動体は J I S 軸受鋼 S U J 2 を用い、830℃～850℃で焼入れし、その後、内輪・外輪のみに寸法安定化処理として 230℃～260℃で焼戻しを施し、転動体には 160℃～200℃の通常仕様の焼戻しを施し、それらを研削仕上げし、これに前記各種の保持器
- 5 を組合わせて、最終的に J I S B 1518 に定める値の深溝玉軸受 6206 を作製した。なお、軌道面の粗さについては、研削方法を変更したり、繰り返し仕上げ研削を行ったりして、後述のように種々異なる粗さの試験軸受を作製した。

- 次に、試験条件について説明する。試験機は、日本精工株式会社製玉軸
- 10 受寿命試験機を用い、クリーン潤滑下における基本定格寿命 ( $10^6$  回転)  $L_{10}$  を測定した。潤滑油は、発明が目的とするフッ素系潤滑油 J 100 (N O K クリュバ製パーフルオロポリエーテル油) と、比較例として一般的なスピンドル油 R O # 68 (パラフィン系鉱油) とを用いた。また、本実施形態は減圧雰囲気を用いられる転がり軸受を目的としているが、特に
- 15 フッ素系潤滑油は、真空下でも、大気圧下でもあまり変化しないので、ここでは便宜的に大気圧下で試験を行う。また、潤滑条件を厳しくするために、潤滑油の温度が上昇して油膜が低下することを想定し、試験温度は 80℃～120℃の間で評価を行った。

(寿命試験条件)

- 20 試験機名：玉軸受寿命試験機  
 試験荷重： $P/C = 0.45$   
 軸受回転数：3000 r p m  
 試験温度：80～120℃  
 潤滑油：フッ素系潤滑油 J 100
- 25 パラフィン系鉱油 R O # 68

試験方法は以下の通りである。各供試体軸受を 10 個ずつ用意し、前記試験条件で寿命試験を行う。寿命の判定は、試験機上の供試体軸受の振動値が初期振動値の 2 倍となった時点で試験を中断し、軌道面での剥離の有

- 無や、転動体や保持器のポケット部の摩耗を確認した。また、最長試験時間を500時間に設定し、それ以後は打ち切りとした。そして、ワイブル分布関数により、10個の供試体軸受のうち、短寿命側から10%の軸受に剥離や摩耗が発生するまでの総回転時間を求め、これを寿命とした。下記表2に、パラフィン系鉱油RO#68で潤滑した比較例a～n、フッ素系潤滑油J100で潤滑した比較例A～H及び実施例I～Pの寿命時間を示す。なお、寿命時間が500時間を超えたものは、打ち切りと記す。
- 5

表 2

潤滑条件			保持器の材質			
潤滑油名	温度	$\wedge$	SPCC	S50CM	チロン66	PPS(GF25%)
RO#68	80°C	4.05	(a) 打切	(d) 打切	(g) 打切	(k) 打切
RO#68	100°C	2.75	(b) 打切	(e) 打切	(h) 打切	(l) 打切
RO#68	110°C	2.20	—	—	(i) 打切	(m) 打切
RO#68	120°C	1.95	(c) 打切	(f) 350Hr	(j) 打切	(n) 打切
J100	80°C	5.60	A:350Hr	E:50Hr	I:打切	M:打切
J100	100°C	3.85	B:250Hr	F:20Hr	J:打切	N:打切
J100	110°C	3.11	C:100Hr	G:10Hr	K:打切	O:打切
J100	120°C	2.60	D:10Hr	H:5Hr	L:480Hr	P:打切

この表 2 から明らかなように、パラフィン系鉱油潤滑による比較例 a ～ n では、当該パラフィン系鉱油のぬれ性がよいため、金属製保持器でもピーリングが発生しにくい。但し、試験温度が高く、油膜が低下する条件下では、材質が最も硬い S 5 5 0 C M 製保持器（比較例 f）で、何点かのピーリングによる剥離が発生し、 $L_{10}$  寿命は 3 5 0 時間程度となった。このことから、パラフィン系鉱油潤滑下では、保持器の材質の違いが軸受寿命に対して大きな影響をあえないことが分かる。

これに対して、フッ素系潤滑油潤滑による比較例 A ～ H では、試験温度が高いほど、早期ピーリングにより寿命が低下している。これらの試験後の軸受は、例えば市場での不具合品と同様に転動体が激しく傷つき、短寿命のものほど摩耗していた。また、内輪・外輪にはピーリングが発生している。これは前述のようにフッ素系潤滑油のぬれ性がよくないために、保持器のポケット部と転動体との間で潤滑不足が生じ、保持器の硬さが硬いものほど、或いは潤滑油膜が低いほど（＝温度が高いほど）、摩耗やピーリングが早期に起こり、軸受寿命を短くしたという推定を証明している。

また、硬さが低い S P C C 製保持器では、金属接触による酸化摩耗粉が観察され、この酸化摩耗粉は保持器よりも硬さが高いため、それが内輪・外輪に圧痕を付けたり、内輪・外輪と転動体とでアブレッシブな摩耗を発生させたと考えられる。

一方、プラスチック製保持器を用いた実施例 I ～ P は、フッ素系潤滑油潤滑下でも長寿命を示した。これは、鋼製転動体とプラスチック製保持器との間で摩耗が発生しにくい上に、発生しても摩耗粉が軟らかいので、圧痕等の二次的な不具合が生じにくいためであると考えられる。また、実施例 L では、ナイロン 6 6 製保持器で剥離が発生しているが、試験温度が 1 2 0 °C と高温のため、潤滑油膜が低下したのに加え、ナイロン 6 6 の使用限界に近く、保持器の変形により、転動体の回転異常が発生したためと考えられる。従って、特に使用条件が高温である場合には、P P S 製保持器が好ましい。

- 次に、前記と同様の試験方法で、内輪、外輪の夫々の表面粗さ及び転動体との粗さ比を種々に変更し、組み合わせて、寿命試験を行った。表面粗さ及び転動体との粗さ比を表3に示す。表中の内輪又は外輪の転動体に対する粗さ比は、内輪又は外輪のうち、粗さの低いもの、つまり数値の大きいものを採用する。
- 5      フッ素系潤滑油J 1 0 0を潤滑剤に使用した実施例1～1 0は、何れも内輪、外輪の表面粗さ及び転動体との粗さ比が前記諸条件を満足している。同じく、フッ素系潤滑油J 1 0 0を潤滑剤に使用した比較例1 1～1 6のうち、比較例1 3は内輪の表面粗さが、比較例1 4は外輪の表面粗さが前記諸条件を満足しておらず、比較例1 1, 1 2, 1 5
- 1 0      , 1 6は、何れも転動体との粗さ比が前記6以下という条件を満足していない。なお、参考用の比較例1 7, 1 8はパラフィン系鉱油R O # 6 8を潤滑剤に使用し、うち比較例1 7は内輪の表面粗さが、比較例1 8は転動体との粗さ比が夫々前記諸条件を満足していない。また、実施例9, 1 0、及び比較例1 5, 1 6は、試験温度を変更した。

表 3

	No	潤滑油名	試験温度 (°C)	平均粗さ( $\mu$ mRa)			粗さ比 K*	寿命時間 L <sub>10</sub> (時間)
				内輪	外輪	転動体		
実 施 例	1	J100	100	0.026	0.025	0.007	3.7	打切
	2	J100	100	0.027	0.028	0.007	4.0	打切
	3	J100	100	0.027	0.034	0.007	4.9	打切
	4	J100	100	0.032	0.041	0.007	5.9	475
	5	J100	100	0.033	0.026	0.008	4.1	打切
	6	J100	100	0.045	0.028	0.008	5.6	465
	7	J100	100	0.042	0.032	0.008	5.3	486
	8	J100	100	0.043	0.045	0.008	5.6	465
	9	J100	110	0.043	0.032	0.008	5.4	442
	10	J100	120	0.043	0.044	0.008	5.5	425
比 較 例	11	J100	100	0.028	0.048	0.007	6.9	230
	12	J100	100	0.046	0.032	0.007	6.6	265
	13	J100	100	0.055	0.025	0.012	4.6	180
	14	J100	100	0.027	0.061	0.015	4.1	160
	15	J100	110	0.028	0.048	0.007	6.9	85
	16	J100	120	0.047	0.032	0.007	6.7	35
	17	RO#68	100	0.055	0.025	0.012	4.6	打切
	18	RO#68	100	0.027	0.048	0.007	6.9	打切

表 3 から明らかなように、内輪及び外輪の表面粗さ並びにそれらの転動体に対する粗さ比が前記諸条件を満足する実施例 1 ～ 1 0 は、ぬれ性の悪いフッ素系潤滑油による厳しい潤滑条件でも、何れも 4 0 0 時間を超える長寿命を達成している。これは、内輪及び外輪の表面粗さ並びにそれらの転動体に対する粗さ比が、接触摩耗に影響することを証明している。これに対して、内輪又は外輪の表面粗さが  $0.05 \mu\text{m Ra}$  を超える比較例 1 3, 1 4 や、転動体との粗さ比が 6 を超える比較例 1 1, 1 2 は明らかに寿命が短く、更に試験温度を上昇した比較例 1 5, 1 6 は更に短寿命となった。但し、内・外輪の表面粗さが  $0.05 \mu\text{m Ra}$  を超える比較例 1 7 1 0 でも、転動体との粗さ比が 6 を超える比較例 1 8 でも、鉱油による潤滑条件下では長寿命であることから、前記諸問題がフッ素系潤滑油特有のものであることが確認された。

次に、本発明の転がり軸受の第二の実施形態について説明する。この実施形態も、前記第一の実施形態と同様に、真空ポンプ装置などのように、真空を含む減圧、且つフッ素系潤滑油で潤滑される転がり軸受を前提としている。そして、この実施形態である実施例及び比較例として、J I S B 1 5 1 8 に定める値の深溝玉軸受 6 2 0 6 (前記第一の実施形態の図 1 参照) に対して、下記表 4 に示すような被膜処理を施した。このうち、本発明の実施例 1 0 1 ～ 1 0 7 は、通常の軸受鋼 S U J 2 焼入れ後の硬さ (H v 7 5 0 ～ 8 0 0) より硬い被膜を、少なくとも転動体に、好ましくは全部品に被膜している。これに対して、比較例 1 0 1、1 0 2 は全部品にニッケル、N i - P の被膜を被覆しているが、それらの硬さが柔らかい。また、比較例 1 0 3 は、被膜の硬さは十分硬いが、転動体を除く内・外輪にのみ被覆している。

表 4

		実施例101	実施例102	実施例103	実施例104
被 膜	種類	Ni-P	Cr	TiN	CrN
	被膜箇所	全部品	全部品	全部品	全部品
	硬さ(Hv)	750~800	900~1000	2000~2400	2000~2200
	処理方法	無電解めっき	電解めっき	イオンレーティング*	イオンレーティング*
転動体摩耗率		0.6	0.4	0.2	0.2

		実施例105	実施例106	実施例107
被 膜	種類	TiCN	DLC	TiN
	被膜箇所	全部品	全部品	転動体のみ
	硬さ(Hv)	3000~3500	3000~5000	2000~2400
	処理方法	イオンレーティング*	CVD	イオンレーティング*
転動体摩耗率		0.1	0	0.4

		比較例101	比較例102	比較例103
被 膜	種類	Ni	Ni-P	TiN
	被膜箇所	全部品	全部品	内外輪のみ
	硬さ(Hv)	220	500	2000~2400
	処理方法	電解めっき	無電解めっき	イオンレーティング*
転動体摩耗率		1	1	1



軸受摩耗試験の条件は以下の通り。

転がり軸受 : 6 2 0 6 (軸受鋼 S U J 2 H v 7 6 0 )

面圧 : 1 8 0 k g f / m m <sup>2</sup>

温度 : 1 5 0 °C

5 回転速度 : 3 6 0 0 r p m

潤滑油 : フッ素油 (フロンブリンオイル Y 2 5 (アウジモント製))

試験時間 : 1 0 0 時間

被膜厚さ : 2 ~ 5 μ m

- 1 0 前記比較例 1 0 1 ~ 1 0 3 の転動体摩耗率を 1 としたときの、実施例 1 0 1 ~ 1 0 7 の転動体摩耗率の比と、被膜の硬さとの関係を図 4 に示す。同図から明らかなように、被膜の硬さが硬いほど、転動体摩耗量が減少する。また、実施例 1 0 1 ~ 1 0 6 では、特にセラミックス系の硬質被膜が、フッ素系潤滑油との反応性が低いため、より一層摩耗が少ない。また、
- 1 5 転動体にのみ被膜を被覆した実施例 1 0 7 は、実施例 1 0 1 ~ 1 0 6 の全部品に被膜を被覆したものよりも転動体摩耗量が多いが、それでも比較例 1 0 1 ~ 1 0 3 に比べると遙かに少ない。また、比較例 1 0 1 , 1 0 2 は、被膜硬さが母材より柔らかいので、被膜が初期に摩耗してしまう傾向にある。また、内・外輪にのみ被膜を被覆した比較例 1 0 3 では、転動体の
- 2 0 摩耗を防止することはできない。

このように、少なくとも転動体、好ましくは全部品に、母材の硬さより硬い被膜を被覆した本実施形態では、転動体の摩耗を減少することができ、フッ素系潤滑油による厳しい潤滑条件下でも長寿命を達成することができる。

- 2 5 次に、本発明の転がり軸受の第三の実施形態について説明する。この実施形態も、前記第一の実施形態と同様に、真空ポンプ装置などのように、真空を含む減圧、且つフッ素含有重合体を含有する潤滑油又はグリースによる潤滑下、或いはフッ化物からなるガスを含む雰囲気下で使用される転

がり軸受を前提としている。まず、内輪、外輪、転動体を形成する合金鋼として、下記表 5 に示す組成のものを用意した。なお、表 5 の数値の単位は全て重量%である。

表 5

	Cr	Si	N	その他の主要成分
A	8.0	1.50	—	C:0.5, Mn:0.5, Ni:0.3
B	10.0	0.60	—	C:1.0, Mo:0.3
C	13.0	0.30	0.14	C:0.45, Mn:0.3
D	15.5	0.40	0.17	C:0.40, Mo:1.0, Mn:0.55
E	15.1	0.45	0.19	C:0.45, Mo:0.48, Mn:0.58, V:1.0
F	16.0	0.30	0.19	C:0.30, Mo:3.0, Mn:0.30, Co:3.0
G	25.0	0.80	0.22	C:0.15, Mn:1.0
H	1.45	1.0	—	C:0.38, Mo:0.95, Mn:0.70
I	10.0	0.60	—	C:1.0, Mo:0.3
SUJ2	1.0	0.20	—	C:1.0, Mn:0.35
SUS440C	17.0	0.40	—	C:1.0, Mo:0.3
SUS630	16.0	0.40	—	C:0.05, Mo:3.0, Mn:0.30, Cu:4.0 Ni:4.0

- これらの合金鋼を使用して、単列深溝玉軸受（呼び番号 6 2 0 6 : 外径 6 2 m m、内径 3 0 m m、幅 1 6 m m、前記第一の実施形態の図 1 参照）の内輪、外輪、転動体を形成し、下記の表 6 の組合せで転がり軸受を組み立てた。なお、各サンプルは、使用した合金鋼以外の点については全て同じとなるようにして作製した。即ち、各サンプルの内輪、外輪、転動体には、所定の表面硬度（ビッカース硬さで 4 5 0 以上）となる条件で焼入れ、焼戻しが施してある。

- 組み立てた各転がり軸受について、日本精工株式会社製の軸受回転試験機を用いて下記の条件により回転試験を行い、振動値を基準として軸受寿命を評価した。即ち、軸受に生じるラジアル振動を回転試験中に常時測定し、この振動値が初期値の 3 倍以上となった時点で試験を中止し、それまでにかかった時間を寿命とした。

（回転試験条件）

- 雰囲気温度：1 5 0 °C
- 1 5 雰囲気圧力：真空（ $1 \times 10^{-4}$  Torr）
- アキシャル荷重：1 0 0 0 N
- ラジアル荷重：5 0 0 N
- 回転速度：3 0 0 r p m
- 潤滑剤：アウジモンド社製「フォンブリン M 1 5」
- 2 0 （パーフルオロポリエーテル油）

また、各試験用軸受の寿命を比較するために、従来例に相当する比較例 4 0 1 の寿命を「1」としたときの相対値を算出した。これらの結果も下記表 6 に併せて示す。

表 6

	内輪および外輪	転 動 体	寿命
実施例401	S U J 2	A	4
実施例402	S U J 2	B	5
実施例403	S U J 2	S U S 4 4 0 C	8
実施例404	S U J 2	C	1 5
実施例405	S U J 2	D	1 3
実施例406	S U J 2	E	1 5
実施例407	S U J 2	F	1 2
実施例408	S U J 2	S U S 6 3 0	1 0
実施例409	S U J 2	G	3
実施例410	H	C	2 0
実施例411	I	I	1 0
実施例412	S U S 4 4 0 C	S U S 4 4 0 C	1 5
実施例413	C	C	4 0
実施例414	F	F	2 8
実施例415	D	D	3 3
実施例416	E	E	4 0
実施例417	S U S 6 3 0	S U S 6 3 0	2 5
実施例418	S U S 4 4 0 C	C	3 0
実施例419	F	C	4 5
実施例420	S U S 6 3 0	C	3 5
比較例401	S U J 2	S U J 2	1

この結果から分かるように、少なくとも転動体を形成する合金鋼が本発明の範囲を満たす実施例 401～420 の軸受は、転動体も内外輪も S U J 2 からなる比較例 401 の軸受と比較して、パーフルオロポリエーテル油を潤滑剤に用いて、高温且つ高速回転下で使用した場合の軸受寿命が長

5 くなっている。

また、内外輪は S U J 2 からなり、転動体を形成する合金鋼が本発明の範囲内で異なる実施例 401～409 において、N の含有量が 0.05 重量%以上 0.2 重量%未満の範囲にある実施例 404～407 は、N の含有量がこの範囲から外れる実施例 401～403 及び実施例 408, 40

10 9 よりも軸受寿命が長くなっている。

また、実施例 410～420 のように、転動体だけでなく、内輪及び外輪についても、本発明の範囲を満たす合金鋼で形成されている場合には、より一層軸受寿命を長くすることができる。

なお、この実施形態では、パーフルオロポリエーテル油を潤滑剤に用いた場合の高温且つ高速回転下での軸受寿命について述べているが、パーフルオロポリエーテル油以外のフッ素含有重合体を含有する潤滑油又はグリースによる潤滑下の場合も、フッ化物からなるガスを含む雰囲気下の場合も、少なくとも転動体を形成する合金鋼を本発明の範囲を満たすものとする

15 ことにより、軸受寿命を長くすることができる。

次に、本発明の転がり軸受の第四の実施形態について説明する。この実施形態も、前記第一の実施形態と同様、真空ポンプ装置を始め、事務機器の定着部のヒートロール部、半導体製造用の真空機器などのように、真空を含む減圧、且つフッ素系重合体を含有する潤滑剤による潤滑条件下で使用される転がり軸受を前提としている。

20

まず、フッ素系潤滑剤、高温、高速、高真空の条件の下で行った耐久寿命試験について説明する。

25

試験体転がり軸受：

型番 6206、内径 30 mm、外径 62 mm、幅 16 mm

(形状については前記第一の実施形態の図1参照)

夫々の内輪、外輪、転動体の材料の組合せを変えたものを用意した。実施例の転がり軸受の転動体材料は、実施例502がアルミナ、その他の実施例は部分安定化ジルコニアとした。一方、比較例501の転動体はSU

5 J2、比較例502の転動体は窒化珪素とした。

試験方法：

試験体軸受を日本精工株式会社製の軸受回転試験機に装着して以下の試験条件の下で回転試験を行い、振動値を基準として寿命を評価した。ここでは、振動値が初期値の3倍に上昇した時点を試験体軸受の寿命とした。

10 なお、各実施例及び比較例における転がり軸受の寿命は、比較例501を1としたときの相対値で表す。

試験条件：

温度：120℃

雰囲気：真空 ( $1.33 \times 10^{-2}$  Pa)

15 回転速度：5000rpm

アキシャル荷重：1000N

ラジアル荷重：500N

潤滑剤：アウジモンド社製「フォンブリンM15」(PFPE油)

試験結果を表7に示す。

表 7

	内輪	外輪	転動体	寿命
比較例501	SUJ2	SUJ2	SUJ2	1
比較例502	SUJ2	SUJ2	窒化けい素	1.5
実施例501	SUJ2	SUJ2	部分安定化シリコニア	10
実施例502	SUJ2	SUJ2	アルミナ	5
実施例503	SHX	SHX	部分安定化シリコニア	15
実施例504	SUS440C	SUS440C	部分安定化シリコニア	20
実施例505	ES1	ES1	部分安定化シリコニア	30
実施例506	ES2	ES2	部分安定化シリコニア	25
実施例507	SUS630	SUS630	部分安定化シリコニア	15



表 7 の結果から、本発明の実施例の転がり軸受（実施例 5 0 1 ～ 5 0 7 ）は全て、P F P E 油潤滑、高温、高速の条件下において、比較例に比べ、非常に長い寿命を示すことが明らかである。

次に、フッ素系潤滑下に行った真空ポンプ用転がり軸受の摩耗試験について説明する。

試験体転がり軸受：

型番 6 2 0 6 （内輪、外輪材料；軸受鋼 S U J 2、硬さ H v 7 6 0 ）

比較例 5 0 3 （S U J 2）以外の、転動体の材料には、C：0.45 重量%、Cr：13.04 重量%、N：0.13 重量%の 1 3 C r マルテンサイト系ステンレス鋼を用いた。

これを冷間加工（ヘッダ）し、バリ取り或いは切削加工して素球を作製した。この素球を 1 0 6 0 °C で焼入れ後、- 8 0 °C でサブゼロ処理し、1 6 0 °C で焼戻しをしたものを所定の精度まで仕上げ加工した。次いで、N v 窒化プロセス（大同ほくさん株式会社の商品名）を採用して窒化处理し、これに仕上げラップを行って、S U J 2 製鋼球と同じ表面粗さに調整した。（表 8，表 9 参照）。

ここで、N v 窒化プロセスについて説明すると、この処理は、窒化处理の前処理として、N F<sub>3</sub>（三フッ化窒素）等のフッ素ガスを用いて 2 0 0 ～ 4 0 0 °C 程度でフッ化处理を行うプロセスと、N H<sub>3</sub> ガスによる窒化处理を行うプロセスとからなっている。フッ化处理によって、窒化反応を阻害する C r 酸化層が除去され、表面層に極薄いフッ化層が形成された表面が極めて活性化し、その後の窒化处理により安定的に均一な窒化層の形成を可能とするもので、硬さが大きくて耐摩耗性に優れるマルテンサイト系ステンレス鋼に好適に適用できる。

この窒化プロセスにより、窒化層としての鋼球径比 1.4 % D a 厚さの化合物層を形成し、表面硬さは窒化後の鋼球表面からの取代量（これが多いと硬さは低くなる）で調整した。こうして、夫々の試験体軸受の転動体の表面に窒化層を形成して、表面硬さ及び粗さを種々に変えたものを用意

した。

5      なお、内輪、外輪にも、転動体と同様の窒化層を施すことにより、軸受寿命を更に向上させることができる。但し、内輪、外輪は転動体より窒化層を施しにくいので、この試験では内外輪には窒化处理を施さずに、ただ表面粗さのみ上記実施例 5 0 3 の転動体の窒化層表面粗さ ( $0.003\mu\text{m}$ ) と概ね同様の表面粗さにした 6 2 0 6 番転がり軸受を用い、その摩耗量を寿命として捉えた。

試験方法：

1 0      実施例、比較例の各試料軸受を試験体とし、自社製の軸受回転試験機に装着してフッ素油潤滑下に 1 0 0 時間回転させた。その後、試料軸受を分解して転動体の摩耗量を夫々測定した。なお、各実施例及び比較例における転動体の摩耗量比は、比較例 5 0 3 (未処理軸受) の摩耗量を 1 とした相対量で表した。

摩耗試験の条件：

1 5      転がり軸受：6 2 0 6 (軸受鋼：全 S U J 2、H v 7 6 0)  
面圧：1 7 6 4 M P a  
温度：1 5 0 °C  
回転速度：3 6 0 0 r p m  
潤滑油：アウジモント社製「フォンブリンオイル Y 2 5」(フッ素油)

2 0

試験時間：1 0 0 時間

試験結果を表 8、表 9 に示す。

表 8

		実施例501	実施例502	実施例503	実施例504
転動体 窒化層	硬さ	Hv910	Hv1050	Hv1050	Hv1210
	あらさ	0.003 $\mu$ m	0.005 $\mu$ m	0.003 $\mu$ m	0.003 $\mu$ m
内輪 窒化層		なし	なし	なし	なし
外輪 窒化層		なし	なし	なし	なし
摩耗量比		0.2	0.1	0.05	0.05

表 9

		比較例501	比較例502	比較例503	
転動体 窒化層	硬さ	Hv850	Hv1050	Hv760	窒化層なし
	あらさ	0.003 $\mu$ m	0.007 $\mu$ m	0.003 $\mu$ m	
内輪 窒化層		なし	なし	なし	
外輪 窒化層		なし	なし	なし	
摩耗量比		0.8	0.7	1	

表 8、表 9 の結果から、本摩耗試験の実施例の転がり軸受（実施例 5 0 1 ～ 5 0 4 ）は全て、フッ素油潤滑、高温、高速の条件下において、比較例に比べ、摩耗量が非常に少ないことが明らかである。

5      これらのうち、共通の転動体粗さ  $0.003 \mu\text{m Ra}$  を有する実施例 5 0 1、実施例 5 0 3、実施例 5 0 4 及び比較例 5 0 1、比較例 5 0 3 について、転動体硬さと摩耗量比との関係を整理して図 5 に示す。この図から、転動体粗さが一定（ $0.003 \mu\text{m}$ ）の条件なら、転動体硬さが  $\text{Hv } 900$  以上の場合に格段に優れた耐摩耗性を示し、長寿命となることが分かる。

1 0      次に、共通の転動体硬さ  $\text{Hv } 1050$  を有する実施例 5 0 2、実施例 5 0 3 と比較例 5 0 2 とについて、転動体表面粗さと摩耗量比との関係を整理して図 6 に示す。この図 6 から、転動体硬さが一定（ $\text{Hv } 1050$ ）の条件では、転動体表面粗さが  $0.005 \mu\text{m Ra}$  以下の場合に格段に優れた耐摩耗性を示し、長寿命となることが分かる。

1 5      よって、転がり軸受の少なくとも転動体表面に緻密な窒化層を有し、且つその窒化層は硬さ  $\text{Hv } 900$  以上の化合物層からなり、その粗さが  $0.005 \mu\text{m Ra}$  以下とすることにより、フッ素油潤滑、高温、高速の条件下や真空環境下で優れた寿命を付与することができるといえる。

2 0      なお、本発明における酸化物系セラミックス若しくは緻密な窒化物層は、転動体表面のみに限定する必要はなく、例えば転動体自体を酸化物系セラミックス製としてもよい。

2 5      次に、本発明の転がり軸受の第五の実施形態について説明する。この実施形態も、前記第一の実施形態と同様に、真空ポンプ装置、特にドライ真空ポンプ装置などのように、真空を含む減圧、且つフッ素系潤滑油で潤滑される転がり軸受を前提としている。そして、この実施形態では、前記各実施形態で用いた深溝玉軸受に代えて、保持器がなく、内輪と外輪との間に転動体（玉）が詰まった、所謂総玉のアンギュラ玉軸受を使用している。

- 本実施形態の実施例及び比較例として用意した各アンギュラ玉軸受（全て総玉）の接触角を表 1 0 に示す。そして、これらの転がり軸受に各種の被膜を施し、フッ素油潤滑下において、摩耗試験を行った。評価は、1 0 0 時間回転後に、転動体の摩耗量を測定し、波形プレス保持器で転動体を保持した総 S U J 2 製の深溝玉軸受に同等の試験を行い、その転動体の摩耗量を 1 として相対値（転動体摩耗率）で表した。試験条件は以下の通りである。なお、全ての転がり軸受は、転動体、内外輪とも S U J 2 製、焼入、焼戻しを施した総玉（保持器なし）のアンギュラ玉軸受である。

（軸受摩耗試験）

- 1 0 転がり軸受：J I S 呼び番号 7 2 0 6 （内外輪：軸受鋼 S U J 2 製、総玉）

面圧：1 8 0 kgf/mm<sup>2</sup>

温度：1 5 0 °C

回転速度：3 6 0 0 r p m

- 1 5 潤滑油：アウジモント社製「フォンブリンオイル Y 2 5」（フッ素油）

試験時間：1 0 0 時間

表 10

	接触角(°)	転動体摩耗率
実施例301	10	0.3
実施例302	15	0.2
実施例303	20	0.15
実施例304	30	0.2
実施例305	45	0.3
比較例301	5	0.8
比較例302	55	0.8

得られた転動体摩耗率とアンギュラ玉軸受の接触角との関係を整理して図7に示す。なお、図中には、転動体（玉）が全て窒化珪素（ $\text{Si}_3\text{N}_4$ ）製で接触角が $15^\circ$ （実施例302と同等）のアンギュラ玉軸受の転動体摩耗率を参考として星印で示してある。同図から明らかなように、総S  
5 UJ2製のアンギュラ玉軸受でも、接触角が $10 \sim 45^\circ$ で転動体摩耗率が小さく、更に好ましくは接触角を $15 \sim 30^\circ$ とするのがよい。

以上のように、真空又は減圧条件で、且つフッ素系潤滑油で潤滑される  
転がり軸受には、保持器のない総玉のアンギュラ玉軸受を用いるのが好ま  
しく、更にその接触角は $10 \sim 45^\circ$ 、更に好ましくは $15 \sim 30^\circ$ であ  
10 ることが望ましい。また、この実施形態に前記第一実施形態、即ち内・外  
輪の表面粗さが $0.05 \mu\text{m Ra}$ 以下、転動体との粗さ比が6以下なる限  
定を加えれば、ピーリング剥離を抑制して更なる、フッ素系潤滑油による  
厳しい潤滑条件下でも長寿命が期待される。また、この実施形態に、前記  
第一実施形態及び／又は前記第二実施形態、即ち少なくとも転動体、好ま  
15 しくは全部品に、母材の硬さより硬い被膜を被覆す限定を加えれば、転動  
体の摩耗を減少することができ、フッ素系潤滑油による厳しい潤滑条件下  
でも長寿命を達成することができる。また、この実施形態に、前記第一実  
施形態及び／又は第二実施形態及び／又は前記第三実施形態、即ち転動体  
合金鋼のCrの含有量を7重量%以上27重量%以下とする限定を加えれ  
20 ば、フッ素系潤滑油による厳しい潤滑条件下の高温且つ高速回転下で使  
用した場合の長寿命化が期待される。また、この実施形態に、前記第一実  
施形態及び／又は第二実施形態及び／又は第三実施形態及び／又は前記第四  
実施形態、即ち転動体が、酸化物系セラミックスからなるか、若しくは転  
動体の表面に緻密な窒化物層を備え、当該転動体の表面粗さが $0.005$   
25  $\mu\text{m Ra}$ 以下で、且つ表面硬さがHv900以上であるという限定を加え  
れば、耐摩耗性を向上させることにより、フッ素系潤滑油による厳しい潤  
滑条件下でも更なる長寿命化が期待される。

次に、本発明の転がり軸受の第六の実施形態について説明する。この実



施形態も、前記第一の実施形態と同様に、真空ポンプ装置などのように、真空を含む減圧、且つフッ素系潤滑油で潤滑される転がり軸受を前提としている。そして、この実施形態では、前記各実施形態で用いた深溝玉軸受やアンギュラ玉軸受に代えて、スラスト玉軸受を使用している。

5 図8は、本実施形態のスラスト玉軸受101の構造を示す断面図である。

スラスト玉軸受101（日本精工株式会社製、呼び番号51305）は、外輪102と、内輪103と、両輪102，103の間に転動自在に配設された複数の玉（転動体）104と、複数の玉104を両輪102，103の間に保持する保持器105と、両輪102，103の間に形成され、玉104が内设された空隙部内に充填されたフッ素系潤滑油106と、を備えている。

そして、両輪102，103には玉104を案内するための転動溝が備えられていて、その軌道面102a，103aには、表面加工処理が施してある。なお、この表面加工処理としては、バレル処理、クロス処理等が好ましく採用される。

また、フッ素系潤滑油106は、スラスト玉軸受101の前記空隙部内に充填される前に、10 $\mu$ mのフィルターにより濾過してあるものを使用した。なお、該フィルターには、フッ素系潤滑油106中に含まれる異物を除去することが可能なものを使用する必要がある。

このようなスラスト玉軸受101の軌道面102a，103aには、3 $\mu$ m以上の平均直径を有する砥粒等の異物は確認されなかった。

なお、外輪102、外輪103、及び玉104にはJIS軸受鋼SUJ2材を使用し、830～850℃で焼入を行った。その後、外輪102及び内輪103には、寸法安定化処理として230～260℃で焼戻しを行い、玉104には、160～200℃の通常仕様の焼戻しを行った。更にその後、通常の研削処理により、JIS B 1518で定める値のスラスト玉軸受を作製した。

このようなスラスト玉軸受 101 と同様の軸受において、種々の条件で表面加工処理を施したものを用意して、その寿命試験を行った。

表面加工処理としては、バレル処理及びクロス処理を行った。

5      バレル処理に用いられる砥粒は、軸受の加工時に用いられるアルミナ系砥粒に限定した。そして、種々の大きさの砥粒を用いて処理を施し、試験用の軸受を作製した。使用したアルミナ系砥粒（チップ）は、何れも熔融アルミナを主成分としているチップで、アランダム # 100（強研削石の場合）、アランダム # 150（中研削石の場合）、アルミナ # 1500～2000（光沢石の場合）、アルミナ # 4000～6000（超光沢石の場合）の 4 種類である（何れも日本ダイヤ工業株式会社製）。

10      軸受の製造においては、加工工程によって使用される砥粒の大きさが異なるため、どの工程の砥粒によるものかを見極める目的で、バレル処理には上記のように 4 種類のチップを使用した。なお、処理時間は何れも 60 分とし、砥粒の大きさによる寿命への影響のみが確認できるようにした。

15      クロス処理とは、比較的丈夫な剛性繊維製の布（以下、クロスと称する）を木製等の棒に巻き付けた状態で、完成した軸受の軌道面を研磨する処理である。クロス処理に関しては、クロスとしてクリーンルーム用ワイピングクロス（商品名：ザヴィーナミニマックス、カネボウ合繊株式会社製）を使用して、処理時間を 0、30、60、120、180 秒の 5 条件として、試験用の軸受を作製した。なお、クロスの押付け荷重は一定とした。

20      このようにして作製した試験用のスラスト玉軸受を、日本精工株式会社製スラスト型軸受寿命試験機を用いて、試験荷重： $P/C = 0.45$ 、軸受回転数：5000 rpm の条件にて、クリーン潤滑下における基本定格寿命（ $10^6$  回転） $L_{10}$  を測定した。潤滑油には、市販のフッ素系潤滑油を用いた。なお、フッ素潤滑油は真空下でも大気圧下でも殆ど変化しないので、本寿命試験は大気圧下で行った。また、潤滑油の温度が上昇して油

膜の形成が不十分となることを想定して、潤滑条件の厳しい100～120℃の試験温度で評価を行った。

- また、フッ素系潤滑油は濾過していないものと、10μmのフィルターで濾過したものとの2種類を用いて、試験を行った。なお、フッ素系潤滑油は、必要使用量を（ユーザー側で）他の容器に取り出して使用することがあるので、この詰め替え時に異物が混入することが考えられる。よって、10μmのフィルターで濾過すれば、フッ素系潤滑油の成分を損なうことなく、大きな異物を除去できる。なお、フィルターの性質上（ブリッジ効果）、10μm以下の異物でも除去可能であると考えられるので、10μmのフィルターを使用した。

表11及び表12に試験結果を示す。そして、図9には、濾過していないフッ素系潤滑油を使用した場合の、異物の最大径と軸受の寿命との相関を示し、図10には、濾過したフッ素系潤滑油を使用した場合の、異物の最大径と軸受の寿命との相関を示す。

表 1 1

	バレル処理の 砥粒の種類 <sup>1)</sup>	クロス処理 時間 (秒)	異物		軸受寿命 (hr)	ワイブル スロープ
			数 (個)	最大径 ( $\mu\text{m}$ )		
実施例201A 201B	処理なし	60	3	3	182 219	3.5 16.8
実施例202A 202B	処理なし	120	2	1	>250 >250	$\infty$ <sup>2)</sup> $\infty$
実施例203A 203B	処理なし	180	0	—	>250 >250	$\infty$ $\infty$
実施例204A 204B	d	0	25	3	147 197	2.9 14.6
実施例205A 205B	d	30	18	3	171 235	3.1 18.3
実施例206A 206B	d	60	5	2	198 >250	4.4 $\infty$
実施例207A 207B	d	120	4	1	>250 >250	$\infty$ $\infty$
実施例208A 208B	d	180	2	1	>250 >250	$\infty$ $\infty$

- 1) a : アランダム#100、b : アランダム#150、  
c : アルミナ#1500~2000、d : アルミナ#4000~6000  
2) 無限大

表 1 2

	バレル処理の 砥粒の種類 <sup>1)</sup>	クロス処理 時間 (秒)	異物 数 (個)	最大径 ( $\mu\text{m}$ )	軸受寿命 (hr)	ワイブル スロープ
比較例201A 201B	処理なし	0	8	8	7 5 8 3	2. 4 3. 2
比較例202A 202B	処理なし	3 0	4	5	9 5 1 2 5	2. 7 3. 8
比較例203A 203B	c	0	2 1	1 2	3 6 3 8	1. 8 2. 3
比較例204A 204B	c	3 0	1 5	1 0	4 6 5 0	2. 1 2. 5
比較例205A 205B	c	6 0	1 2	7	8 3 9 5	2. 5 3. 1
比較例206A 206B	b	0	1 8	1 5	3 0 3 3	2. 2 2. 3
比較例207A 207B	b	3 0	1 3	1 2	3 7 4 2	1. 8 2. 4
比較例208A 208B	b	6 0	1 1	1 0	4 2 4 5	1. 9 2. 4
比較例209A 209B	b	1 2 0	8	9	5 5 6 1	2. 3 2. 6
比較例210A 210B	a	0	1 8	1 5	2 3 3 1	1. 4 2. 1
比較例211A 211B	a	3 0	1 5	1 4	2 7 3 4	1. 6 2. 2
比較例212A 212B	a	6 0	1 2	1 2	3 6 4 0	2. 1 3. 0
比較例213A 213B	a	1 2 0	1 0	1 0	4 1 4 7	2. 2 3. 1

- 1) a : アランダム#100、b : アランダム#150、  
c : アルミナ#1500~2000、d : アルミナ#4000~6000  
2) 無限大

軌道面に残留している異物は、該軌道面を電子顕微鏡（日本電子株式会社製）で観察することにより、その個数と大きさを測定した。なお、表中の最大径の欄には、観察された異物の中で最大の平均直径（長径と短径との平均値）の値を記載している。

- 5       また、フッ素系潤滑油を充填したスラスト玉軸受の寿命を、寿命時間とワイブルスロープとにより評価した。なお、夫々の実施例及び比較例において、Aは濾過していないフッ素系潤滑油を充填した軸受の試験結果を、Bは濾過したフッ素系潤滑油を充填した軸受の試験結果を示している。また、表 1 1 及び表 1 2 の軸受寿命において、「> 2 5 0」と表記してある
- 1 0   ものは、試験した軸受全数が計算寿命（2 5 0 時間）を超えてもピーリング破損や摩耗が一切発生せず、試験を打ち切ったことを示している。

表 1 1 及び表 1 2 に記載の通り、クロス処理を行う時間が長くなるに従って、残留する異物の数が少なくなっていることから、クロス処理により異物を取り除かれていることが推測される。そして、クロス処理により軸

- 1 5   受が長寿命化され、ワイブルスロープの値も良好になっている。

- また、バレル処理を行うと、砥粒自体が軌道面に付着するため、逆に残留異物の数は増加する。しかし、超光沢石を用いた場合（実施例 2 0 4 A ～ 2 0 8 A）は砥粒が小さく、付着してもその最大径は  $3 \mu\text{m}$  以下であるため、軸受は長寿命である。大径である他の砥粒を用いてバレル処理を行った場合（比較例 2 0 3 A ～ 2 1 3 A）は、異物の最大径は  $3 \mu\text{m}$  超過となるので、クロス処理を併せて施しても軸受の寿命が十分ではない。
- 2 0

- よって、内輪及び外輪の軌道面上に  $3 \mu\text{m}$  を超える平均直径を有する砥粒等の異物が残留していないことで、該軸受は長寿命となる。更に安定して長寿命を得るためには、 $2 \mu\text{m}$  を超える平均直径を有する異物が残留していないことが望ましい。
- 2 5

一方、フッ素系潤滑油の濾過の有無について着目すると、濾過を行った方の軸受が明らかに長寿命となっている。更に、ワイブルスロープの値が大きくなっていることから、安定した寿命を有する軸受が製造されている

(品質が安定している)ことが分かる(実施例201A, B~208A, B)。但し、大きな異物が残留している場合は、その大きな異物によって寿命が支配されてしまう傾向がある。従って、最大径が比較的小さい比較例202A, Bにおいて若干の効果が見られたものの、それ以外(比較例  
5 201A, B、203A, B~213A, B)では異物の大きさが支配的であり、このため濾過による大きな効果はなかった。つまり、濾過を行った場合にも、内輪及び外輪の軌道面上に3 $\mu$ mを超える平均直径を有する砥粒等の異物が残留していないことで、該軸受は長寿命となる。

以上のように、内輪及び外輪の軌道面上に残留している砥粒等の異物を  
10 バレル処理、クロス処理で取り除くことにより、ピーリング摩耗やピーリング剥離が抑制されて、軸受が長寿命となる。更に、濾過したフッ素系潤滑油を使用することで、より長寿命となる効果がある。

なお、本実施形態は、本発明の一例を示したものであって、本発明は本実施形態に限定されるものではない。例えば、本実施形態においては、転  
15 がり軸受としてすらすと玉軸受を例示して説明したが、本発明の転がり軸受は、他の種類の様々な転がり軸受に対して適用することができる。例えば、スラストころ軸受等の他のタイプのスラスト形の転がり軸受や、ラジアル形の転がり軸受である。ラジアル形の転がり軸受の例としては、円筒ころ軸受、自動調心ころ軸受、円錐ころ軸受等のころ軸受や、深溝玉軸受  
20 、アングュラ玉軸受等の玉軸受が挙げられる。そして、前記第五実施形態のように、総玉のアングュラ玉軸受を用い、更にその接触角は10~45°、更に好ましくは15~30°であることとすれば、転動体と軌道輪との接触接触面圧を低く抑えることができ、摩耗を減少することができるので、更なる長寿命が期待される。また、前述のように、更に前記第一実施  
25 形態乃至第四実施形態の限定を加えれば、更に長寿命化が可能となる。

次に、本発明の転がり軸受の第七の実施形態について説明する。この実施形態も、前記第一の実施形態と同様に、真空ポンプ装置などのように、真空を含む減圧、且つフッ素系潤滑油で潤滑される転がり軸受を前提とし

ている。そして、この実施形態では、前記各実施形態で用いた深溝玉軸受やアンギュラ玉軸受に代えて、玉を保持する保持器が高機能樹脂材料によって環状に形成されている。

5 図11は、本発明の転がり軸受に採用された保持器の一実施形態を示す斜視図であり、図12は、図11の転がり軸受用保持器のウェルドラインのあるポケットを示す要部側面図、図13は、図11の転がり軸受用保持器の他のポケットを示す要部側面図である。また、図4は、転がり軸受用保持器の引張強度の試験方法を説明するための平面図である。

10 図11～図13を参照すると、転がり軸受用保持器20は、例えばポリフェニレンサルファイド（PPS）樹脂等の高機能樹脂材料に、グラスファイバー等の強化材を重量比5～15%程度含有させると共に、アニール処理を施さず、環状に形成される。

15 転がり軸受用保持器20には、ポケット21、22が、周方向に所定の間隔をあけて複数（図11では7個）、図11中、上方に開口して設けられる。各ポケット21、22は夫々、転がり軸受（図示しない）の転動体19を、開口部23から収容して転動可能に保持する。

各ポケット21、22には夫々、一对の爪部24が設けられており、各転動体19は夫々、各ポケット21、22の爪部24を周方向に押し広げるようにして、開口部23から各ポケット21、22に組み込まれる。

20 高機能樹脂材料の射出成形によって、ゲート25から注入された熔融樹脂の合流位置にウェルドライン26を生じるが、このウェルドライン26のあるポケット21の開口部寸法（爪部間寸法）A（図12）は、転動体径Cの93%より大きい値（例えば93～110%）に設定される。また、他の各ポケット22の開口部寸法B（図13）は夫々、転動体径Cの80～93%の値に設定される。従って、ウェルドライン26のあるポケット21の爪部24による締め代D（図12）は、他の各ポケット22の爪部24による締め代E（図13）よりも小さい。

25

以下、本実施形態の作用を説明する。転がり軸受用保持器20において



は、ウェルドライン 26 のあるポケット 21 の爪部 24 による締め代 D が、他の各ポケット 22 の爪部 24 による締め代 E よりも小さいので、各ポケット 21, 22 に転動体 19 を組み込む際、ウェルドライン 26 のあるポケット 21 の爪部 24 が転動体 19 によって円周方向に押し広げられる際に受ける力は、他の各ポケット 22 の爪部 24 に比較して小さくて済む。

従って、ウェルドライン 26 のあるポケット 21 では、爪部 24 に無理な力を作用させることなく、転動体 19 が円滑に組み込まれ、ウェルドライン 26 部分（ポケット 21 底部）にクラック、割れ等を生じることはない。また、他の各ポケット 22 では夫々、各ポケット 22 への転動体 19 の組み込み易さと、各ポケット 22 に組み込まれた転動体 19 の抜け落ち難さが両立される。

なお、ウェルドライン 26 のあるポケット 21 の開口部寸法（爪部間寸法）A を 100% 以上に設定すると、爪部 24 による締め代 D がなくなるため、転動体 10 を更に円滑に組み込むことが可能である。

次に、本実施形態の転がり軸受用保持器 20 を、諸条件を変えながら、以下の方法を以て引張試験を行った。

即ち図 14 を参照すると、転がり軸受用保持器のゲート 25 が図 14 中で右側になるように、ウェルドライン 26 が図 14 中で左側になるように、転がり軸受用保持器を位置させた状態で、当該保持器の内径部分に、一対のコマ部材 27 を配置する。各コマ部材 27 は夫々、半円状に形成されており、保持器内径よりも若干小さい径を有する。そして、各コマ部材 27 を夫々、反対方向（図 14 中の上下方向）に転がり軸受用保持器が破断するまで引張り、破断時の荷重を測定した。

諸条件及び結果を表 13 に示す。ここで、個数とは、保持器の個数をいう。なお、破断は全てウェルドライン 26 部分から発生した。また、表 13 中、破断荷重の値は全て平均値である。

表 1 3

軸受名番	個数	樹脂材料	G F 含有比	アニール	破断荷重 (kgf)
6205(比較例)	4	PPS	20%	無し	16
6205(本実施例)	4	PPS	10%	無し	45
6206(比較例)	3	PPS	20%	無し	32
6206(比較例)	3	PPS	20%	有り	27
6206(本実施例)	4	PPS	10%	無し	55

表 1 3 から理解されるように、グラスファイバー等の強化材の含有重量比を、20 %としたものは、10 %のものと比較して破断荷重が小さい。また、アニール処理を施したものは、施さないものと比較して破断荷重が小さい。

- 5      また、本実施形態の転がり軸受用保持器 2 0 の諸条件を変えたものを、実際に転がり軸受に組み込み、組み込んだ保持器に割れが発生するか否かを調べた。

諸条件及び結果を表 1 4 に示す。なお、割れは全てウェルドライン 2 6 部分から発生した。

表 1 4

軸受名番	個数	樹脂材料	G F 含有比	アニール	軸受に保持器挿入時の割れ発生の有無
6205(比較例)	10	PPS	20%	無し	割れ発生有り
6205(本実施例)	10	PPS	10%	無し	割れ発生無し
6206(比較例)	10	PPS	20%	無し	割れ発生有り
6206(比較例)	10	PPS	20%	有り	割れ発生有り
6206(本実施例)	10	PPS	10%	無し	割れ発生無し

表 1 4 から理解されるように、グラスファイバー等の強化材の含有重量比を、20%にすると、アニール処理の有無に係わらず、ウェルドライン 2 6 のあるポケットに、割れが発生している。

5      以上のように、本実施形態によれば、ウェルドライン 2 6 のあるポケット 2 1 の開口部寸法 A が、転動体径 C の 93%より大きい値（例えば 93%～110%）に設定され、且つ他の各ポケット 2 2 の開口部寸法 B が夫々、転動体径 C の 80～93%の値に設定される。従って、転がり軸受からの転がり軸受用保持器 2 0 の脱落を確実に防止しつつ、各ポケット 2 1 ,  
10      2 2 への転動体 1 9 の組み込みに際して、ウェルドライン 2 6 のあるポケット 2 1 の底部にクラック、割れ等を生じることを確実に防止することができる。

また、ポリフェニレンサルファイド（PPS）樹脂等の高機能樹脂材料に、暗しファイバー等の強化材を重量比 5～15%程度含有させると共に、アニール処理を施さない構成とした。従って、優れた耐食性と共に十分  
15      なウェルドライン 2 6 部分の強度を確保することができ、ウェルドライン 2 6 のあるポケット 2 1 の底部にクラック、割れ等を生じることを、より確実に防止することができる。

なお、本実施形態の転がり軸受用保持器 2 0 は、転動体を有する転がり軸受であれば適用可能であり、例えば円筒ころ軸受、円錐ころ軸受、自動  
20      調心ころ軸受等に適用される。

次に、本発明の転がり軸受の第八の実施形態について説明する。この実施形態も、前記第一の実施形態と同様に、真空ポンプ装置などのように、真空を含む減圧、且つフッ素系潤滑油で潤滑される転がり軸受を前提としている。そして、この実施形態では、前記各実施形態で用いた単列深溝玉  
25      軸受に代えて、複列アンギュラ玉軸受を使用している。

図 1 5 ～図 1 9 において、1 は外輪、3 は内輪、5 は転動体（玉）、6 は保持器、1 2 は軸受ケース、1 3 は軸受カバー、1 4 は油（フッ素系オイル）、1 5 はタイミングギヤを示す。即ち、本発明において限定される

ものはないが、本実施形態では、真空度を保持する関係でフッ素系オイルの油浴潤滑が採用される。

- また、本発明において、外輪 1・内輪 3 及び転動体 5 にあつては、特に図示形態に限定されるものではなく、任意に周知形態に変更可能であり、
- 5 保持器 6 の材質或いは保持器 6 の形状の何れか一方若しくは双方を限定した。

#### [保持器材料の改良]

- 本実施形態の転がり軸受は、外輪 1 と内輪 3 との間に転動体 5 を有し、その転動体 5 を回転自在に保持する保持器 6 の材質に、P T F E (ポリテ
- 1 0 トラフロロエチレン) 樹脂材又は P P S (ポリフェニレンサルファイド) 樹脂材を使用する。

- 保持器 6 は、合成樹脂材により形成された円環状の主部 7 の円周方向複数箇所に、転動体 5 を転動自在に保持するポケット 8 を設けてなる周知の冠型保持器であり、上述の通り材質を限定した以外は周知の構造が適用可
- 1 5 能である。なお、本実施形態では、上述の通りの冠型保持器形状であるが、他形状の樹脂製保持器でも対応できる。

- 本実施形態のように保持器 6 の材質を限定することにより、鋼製保持器に比べ、自己潤滑性があり、また摩擦係数が小さいため、保持器摩耗粉が出難い。また、たとえ摩耗粉が出たとしても、潤滑剤を劣化させることも
- 2 0 なく、更に軌道面にも圧痕を生じさせることがなく、軸受寿命を延長することが可能となる。

#### [保持器形状の改良]

- 保持器 6 は、次のような形状とすることによっても軸受寿命の延長が図れる。ポケット 8 の底部分 9 に所望大きさの孔 1 0 (貫通孔) をあけ、そ
- 2 5 の孔 1 0 より潤滑剤を浸入させ、保持器 6 と転動体 5 との潤滑性能をよくすることにより軸受寿命を延長することができる。孔 1 0 の大きさ (孔径) ・形状或いは孔数 (一個のポケットに対して一個若しくは複数個) などは特に限定されず、本発明の範囲内で任意に設計変更可能である。

更に、保持器ポケット 8 面の内・外径側に面取 1 1 を設け、潤滑剤の浸入をたやすくすることにより、保持器 6 と転動体 5 との潤滑性能をよくしてある。また、面取 1 1 の傾斜角度は特に限定されず、本発明の範囲内で任意に選択される。

- 5      なお、保持器 6 の形状は、上述の通り、貫通孔 1 0、面取 1 1 を設けた以外は周知の構造が適用可能で限定されるものではない。

[保持器材質と形状の改良]

- また、保持器 6 の材質を、上述の通り P T F E (ポリテトラフロロエチレン) 樹脂材又は P P S (ポリフェニレンサルファイド) 樹脂材とすると  
1 0      共に、保持器 6 の形状を、上述の通りポケット底部分 9 に貫通孔 1 0 を設けると共に、ポケット 8 面の内・外径側に面取 1 1 を設けるものとするとも本発明の範囲内である。

- 本発明において特に限定される構成ではないが、転動体 5 に玉を用いる場合において、以下の仕様を盛り込むことにより、更に軸受寿命を延長する  
1 5      ことも可能となる。

一般的に内・外輪軌道面 2, 4 の溝半径寸法は、玉径の 5 0. 5 ~ 6 0 % を採用しているが、P V 値 (P : 接触面圧、V : 滑り速度) の関係で、内輪 5 2 ~ 5 4 %、外輪 5 3 ~ 5 6 % を採用することが望ましい。

- 溝半径寸法は、小さい方が接触面圧の関係で軸受寿命は長くなることが  
2 0      知られているが、小さすぎると軌道面との接触楕円が大きくなり滑り易く、滑り摩耗により軸受寿命が短くなることがある。そのため、接触面圧大により軸受寿命を短くしたとしても、滑り速度を小さくすることにより、相対的に軸受寿命が延長する結果となる。

- 更に、ゴミ入り潤滑条件下でも長寿命を有する浸炭窒化処理軸受材料又  
2 5      は窒化処理軸受材料を採用することにより、軸受寿命を延長することが可能となる。

なお、本実施形態は、真空ポンプに使用される複列アンギュラ玉軸受についてのみ説明しているが、本発明はこれに限定されるものではなく、組

合せアングュラ玉軸受など周知の転がり軸受一般に適用可能である。また、真空ポンプ以外に使用される転がり軸受であってもよい。

- また、この実施形態に、前記第七実施形態、即ちウェルドラインのあるポケットの開口部寸法を、転動体径の93%以上の値に設定し、且つ他の
- 5 各ポケットの開口部寸法を夫々、転動体径の80~93%の値に設定すれば、転がり軸受からの転がり軸受用保持器の脱落を確実に防止しつつ、各ポケットへの転動体の組み込みに際して、ウェルドラインのあるポケットの底部にクラック、割れ等を生じることを確実に防止することができるという効果が相乗される。

- 10 なお、前記各実施形態は、互いに従属しない本発明の夫々に対応したもののについて説明しているが、夫々の発明、つまり各実施形態を組み合わせることによって、より一層、軸受特性を向上させうることは、前記の説明から極めて自明である。

即ち、本発明は、

- 15 ①. 真空ポンプ装置などのように減圧雰囲気下で使用される転がり軸受であること。
- ②. 事務機器の定着部のヒートロールなどを支持する転がり軸受であること。が前提となっている。①においては、耐食性及び蒸発しにくいこと、及び②においては、高温環境下で使用されるため、耐熱性、蒸発量が少
- 20 ないこと、化学的に安定であることから、双方ともにフッ素系潤滑剤が使用される。

- ところが、フッ素系潤滑剤は、鉱油系潤滑剤に比して蒸発しにくく、化学的により安定である利点があるものの、比重が高く、ぬれ性が悪いので、潤滑が不十分（油膜形成が不十分）であり、また隙間が狭い（例えば保
- 25 持器のポケットと転動体との間）ところに潤滑油が行き届きにくく、このため軸受軌道輪の軌道面や転動体の転動面に、ピーリング摩耗やピーリング剥離などのピーリング損傷が生じ易く、寿命低下となる問題があった。しかも、このピーリング損傷は、転動体の転動面や保持器（鋼製）のポケ



ット部に選択的に生じ易いことを見出した。このため、本発明は、これらの対策のため、以下の実施形態からなり、特に前記①、②の使用環境下で長寿命な転がり軸受を提供するに至った。

1 5 1. 特に①の用途において：接触角を有するアンギュラタイプの玉軸受がよく用いられるが、上のピーリング損傷を防止するため、即ちスピン滑りを抑制するために、接触角を $10 \sim 45^\circ$ とし、内外輪と玉の接触面圧を低くする（同時に負荷容量を向上する）ため、総玉製とすることで、耐久寿命を向上したこと。また選択的にピーリング損傷を受ける前記保持器を省略したこと、そして更に好ましくは転動体をセラミックスとして、長  
1 0 寿命化に有効な転がり軸受としたこと（請求項 1、第五実施形態）。

2. 内輪、外輪の軌道面の表面粗さが $0.05 \mu\text{m Ra}$ 以下を条件に、転動体の表面粗さが良すぎても転動体摩耗が多いことに着目し、この両者の粗さ比を 6 以下として、長寿命の転がり軸受としたこと。

1 5 3. 選択的にピーリング損傷を受ける転動体の転動面を緻密な酸化膜で覆い、硬くて微細な炭化物を分散させることで凝着摩耗を防止し、局所的  
高温部（局部接触）での高温により、フッ素系潤滑剤の分解によるフッ素ガスの腐食を防ぐため、少なくとも転動体に不動態膜と炭化物形成元素である Cr を 7 ～ 27 重量%添加した素材を用い、結果として長寿命の転がり軸受としたこと。

2 0 4. 同じく転動体の転動面の表面硬さを、内外輪軌道面の表面硬さより硬くすること（Ni-P、Cr、TiN 等の被膜形成によるものを含む）により転動体の摩耗を減少、結果として長寿命の転がり軸受としたこと。

2 5 5. 同じく転動体の転動表面に窒化物層を備え、表面粗さが $0.005 \mu\text{m Ra}$ 以下で、硬さ Hv 900 以上とし、或いは化学的に安定な酸化物系セラミックスで構成することにより、結果的に長寿命な転がり軸受としたこと。

6. フッ素系潤滑剤は鉱油系潤滑剤に比べ、比重が高く、ぬれ性が悪い

ため、砥粒などの異物の存在の影響をより受け易く、バレル処理、クロス処理、或いは潤滑剤濾過等により、残存異物の平均直径を  $3\mu\text{m}$  以下に抑えることにより、ピーリング損傷の原因を除去し、結果的に長寿命の転がり軸受としたこと。

- 5        7. 真空ポンプの支持軸受の用途での耐食性（フッ素系潤滑剤などの影響による）を向上するため、ピーリング損傷を受け易い保持器を P P S や P E E K、P B T 等の樹脂製とする。これらの製造方法として、射出成形が用いられるが、ウェルドラインによってクラックが生じ易いので、この部分の開口部を、他のポケット部分の開口部より広くし、他の歩家干支の
- 1 0    開口部を、転動体脱落防止のために狭くする。保持器の射出成形後の無理抜き時及び転がり軸受の組立時のクラックを防止し、真空ポンプ用途の転がり軸受の低コスト化及び保持器のウェルド部の損傷を防止することにより、保持器を長寿命化して、結果的に長寿命の転がり軸受としたこと。

- 1 5        8. フッ素系潤滑剤を使用する保持器では、耐食、高温使用可能な P T F E、P P S 等の材料が用いられる。フッ素系潤滑剤はぬれ性が悪く、保持器と転動体との隙間に潤滑剤が回りにくいことを改善するため、ポケット底に貫通孔を設けること、或いはポケット面の内外径面に面取を施し、保持器のピーリング損傷を防止することにより、結果的に長寿命の転がり軸受としたこと。

- 2 0        以上、1～8の本発明の互いに従属しない実施形態は、前記課題を解決するための手段の欄と重複するが、これら各々は、フッ素系潤滑剤を使用せざるを得ない用途での特有の問題を解決する手段として開示したものであり、これら単独若しくは複数組み合わせることにより、本発明の目的と効果とを相乗的に奏し、特にピーリング損傷を防止し、長寿命の転がり軸
- 2 5    受を提供することが可能となる。

#### 産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明のうち請求項 1 に係る転がり軸受によれば

- 、総玉のアンギュラ玉軸受を用い、その接触角を $10^{\circ}$ 以上 $45^{\circ}$ 以下としたことにより、球数が増えて内外輪と玉との接触面圧を低く抑えることができ、併せて変動荷重によるスピン滑りの度合いを低減することができるので、両者の相互作用により摩耗を減少し、フッ素系潤滑条件下でも長寿命化を図ることができる。
- 5

また、本発明のうち請求項2に係る転がり軸受によれば、総玉アンギュラ玉軸受の接触角を $15^{\circ}$ 以上 $30^{\circ}$ 以下としたことにより、より一層変動荷重によるスピン滑りの度合いを低減して摩耗を減少し、フッ素系潤滑条件したでの長寿命化を促進することができる。

- 10      また、本発明のうち請求項3に係る転がり軸受によれば、内輪及び外輪の表面粗さを $0.05\mu\text{mRa}$ 以下とし、それらの転動体に対する粗さ比を6以下とすることにより、フッ素系潤滑条件下での接触摩耗を抑制して長寿命を達成できる。

- また、本発明のうち請求項4に係る転がり軸受によれば、少なくとも転動体を、Crの含有率7重量%以上27重量%以下の合金鋼で形成し、その表面に微細炭化物を均一に分散させたことにより、潤滑膜が薄くなって転動体の転動面と軌道輪の軌道面との直接接触が生じた場合でも、凝着摩耗の発生を防止することができると共に、転動体と軌道輪との接触点が局部的に著しく高温になった場合でも、転動体及び軌道輪の表面に腐食が生じるのを抑制することができるので、フッ素系潤滑条件下での長寿命化を図ることができる。
- 15
- 20

- また、本発明のうち請求項5に係る転がり軸受によれば、少なくとも転動体を、酸化物系セラミックスで形成するか、若しくは転動体の表面に緻密な窒化物層を備え、当該転動体の表面粗さを $0.005\mu\text{mRa}$ 以下とし、硬さをHv900以上としたことにより、局部的に高温になった場合でもフッ素系潤滑油と反応することが非常に少なく、フッ素系潤滑油の分解を抑制して潤滑性を向上することができ、併せてピーリングを防止し、ざらつき摩耗も抑制できることから、フッ素系潤滑条件下での長寿命化を
- 25

図ることができる。

- また、本発明のうち請求項 6 に係る転がり軸受によれば、少なくとも外輪及び内輪の軌道面上に、平均直径が  $3\mu\text{m}$  を超える異物を存在させないこととしたため、噛み込み痕に起因するピーリング摩耗やピーリング剥離を抑制して、フッ素系潤滑条件下での長寿命化を図ることができる。
- 5

- また、本発明のうち請求項 7 に係る転がり軸受によれば、少なくとも転動体の表面に、外輪及び内輪の軌道面硬さより硬い被膜を被覆したことにより、フッ素系潤滑油の分解を抑制して潤滑性を向上することができると共に、転動体の摩耗を抑制することができることから、フッ素系潤滑条件下での長寿命化を図ることができる。
- 10

- また、本発明のうち請求項 8 に係る転がり軸受によれば、高機能樹脂材料で環状に形成された保持器の転動体ポケットのうち、ウェルドラインのあるポケットの開口部寸法を、転動体径の 93% 以上の値とし、且つ他の少なくとも 2 以上のポケットの開口部寸法を夫々、転動体径の 80% 以上 93% 以下の値としたことにより、転がり軸受からの保持器の脱落を確実に防止しつつ、各ポケットへの転動体の組み込みに際して、ウェルドラインのあるポケットの底部にクラック、割れ等を生じることを確実に防止することができる。
- 15

- また、本発明のうち請求項 9 に係る転がり軸受によれば、PTFE 樹脂材料又は PPS 樹脂材料で保持器を構成するか、若しくはポケットの内・外径側に面取を形成すると共にポケット底部に貫通孔を設けるように構成することとしたため、保持器摩耗粉がでにくく、潤滑剤が劣化せず、軌道面に圧痕が生じにくくなると共に、潤滑性能を向上することができるので、フッ素系潤滑条件下での長寿命化を図ることができる。
- 20

- また、本発明のうち請求項 10 に係る転がり軸受によれば、高機能樹脂材料で環状に形成された保持器の転動体ポケットのうち、ウェルドラインのあるポケットの開口部寸法を、転動体径の 93% 以上の値とし、且つ他の少なくとも 2 以上のポケットの開口部寸法を夫々、転動体径の 80% 以
- 25

- 上 9 3 % 以下の値とすると共に、P T F E 樹脂材料又は P P S 樹脂材料で保持器を構成するか、若しくはポケットの内・外径側に面取を形成すると共にポケット底部に貫通孔を設けるように構成することとしたため、転がり軸受からの保持器の脱落を確実に防止しつつ、各ポケットへの転動体の
- 5 組み込みに際して、ウェルドラインのあるポケットの底部にクラック、割れ等を生じることを確実に防止することができ、併せて保持器摩耗粉がでにくく、潤滑剤が劣化せず、軌道面に圧痕が生じにくくなると共に、潤滑性能を向上することができるので、フッ素系潤滑条件下での長寿命化を図ることができる。

## 請求の範囲

1. 少なくとも、外輪軌道を有する外輪と、内輪軌道を有する内輪と、前記外輪軌道と内輪軌道との間に転動自在に配置された転動体とを備え、
- 5 前記外輪軌道と内輪軌道との間で、前記転動体の公転方向に当該転動体を等配する保持器を選択的に有し、フッ素含有重合体を含む潤滑油又はグリースによる潤滑下、或いはフッ化物からなるガスを含む雰囲気下で使用される転がり軸受において、総玉のアンギュラ玉軸受からなり、接触角が $10^{\circ}$ 以上 $45^{\circ}$ 以下であることを特徴とする転がり軸受。
- 10 2. 前記接触角を $15^{\circ}$ 以上 $30^{\circ}$ 以下としたことを特徴とする請求項1に記載の転がり軸受。
3. 前記外輪及び内輪の表面粗さが $0.05\mu\text{mRa}$ 以下で、且つ転動体の表面粗さに対する外輪又は内輪の表面粗さの比が6以下であることを特徴とする請求項1又は2に記載の転がり軸受。
- 15 4. 少なくとも前記転動体が、Crの含有率7重量%以上27重量%以下の合金鋼から形成され、その表面に微細炭化物が均一に分散していることを特徴とする請求項1乃至3の何れかに記載の転がり軸受。
5. 少なくとも前記転動体が、酸化物系セラミックスからなるか、若しくは転動体の表面に緻密な窒化物層を備え、当該転動体の表面粗さが $0.005\mu\text{mRa}$ 以下で、且つ表面硬さがHv900以上であることを特徴とする請求項1乃至4の何れかに記載の転がり軸受。
- 20 6. 少なくとも前記外輪及び内輪の軌道面上に、平均直径が $3\mu\text{m}$ を超える異物が存在していないことを特徴とする請求項1又は2に記載の転がり軸受。
- 25 7. 少なくとも前記転動体の表面に、外輪及び内輪の軌道面硬さより硬い被膜を被覆したことを特徴とする請求項1又は2に記載の転がり軸受。
8. 外輪軌道を有する外輪と、内輪軌道を有する内輪と、前記外輪軌道

- と内輪軌道との間に転動自在に配置された転動体とを備え、前記外輪軌道と内輪軌道との間で、前記転動体の公転方向に当該転動体を等配する保持器を選択的に有し、フッ素含有重合体を含有する潤滑油又はグリースによる潤滑下、或いはフッ化物からなるガスを含む雰囲気下で使用される転がり軸受において、前記保持器は、高機能樹脂材料によって環状に形成され、且つ前記転動体を開口部から収容して転動可能に保持するポケットが周方向に所定の間隔をあけて複数設けられ、且つウェルドラインのあるポケットの開口部寸法が、転動体径の93%以上の値であり、且つ他の少なくとも2以上のポケットの開口部寸法が夫々、転動体径の80%以上93%以下であることを特徴とする転がり軸受。
9. 外輪軌道を有する外輪と、内輪軌道を有する内輪と、前記外輪軌道と内輪軌道との間に転動自在に配置された転動体とを備え、前記外輪軌道と内輪軌道との間で、前記転動体の公転方向に当該転動体を等配する保持器を選択的に有し、フッ素含有重合体を含有する潤滑油又はグリースによる潤滑下、或いはフッ化物からなるガスを含む雰囲気下で使用される転がり軸受において、前記保持器は、PTFE樹脂材料又はPPS樹脂材料から構成されるか、若しくはポケットの内・外径側に面取を形成すると共にポケット底部に貫通孔を設けて構成されるかの何れか一方又は双方であることを特徴とする転がり軸受。
10. 外輪軌道を有する外輪と、内輪軌道を有する内輪と、前記外輪軌道と内輪軌道との間に転動自在に配置された転動体とを備え、前記外輪軌道と内輪軌道との間で、前記転動体の公転方向に当該転動体を等配する保持器を選択的に有し、フッ素含有重合体を含有する潤滑油又はグリースによる潤滑下、或いはフッ化物からなるガスを含む雰囲気下で使用される転がり軸受において、前記保持器は、高機能樹脂材料によって環状に形成され、且つ前記転動体を開口部から収容して転動可能に保持するポケットが周方向に所定の間隔をあけて複数設けられ、且つウェルドラインのあるポケットの開口部寸法が、転動体径の93%以上の値であり、且つ他の少なくとも

とも2以上のポケットの開口部寸法が夫々、転動体径の80%以上93%以下であり、当該保持器は、PTFE樹脂材料又はPPS樹脂材料から構成されるか、若しくはポケットの内・外径側に面取を形成すると共にポケット底部に貫通孔を設けて構成されるかの何れか一方又は双方であること

5 を特徴とする転がり軸受。



図 1

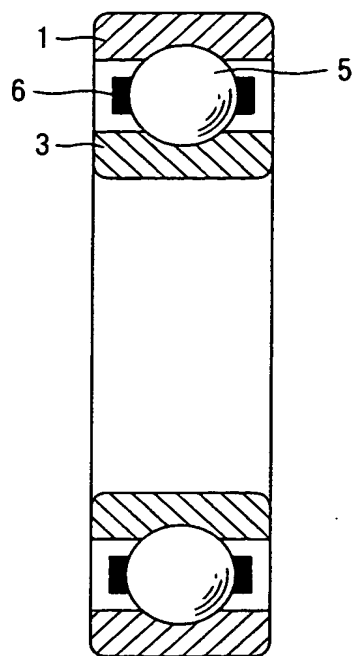
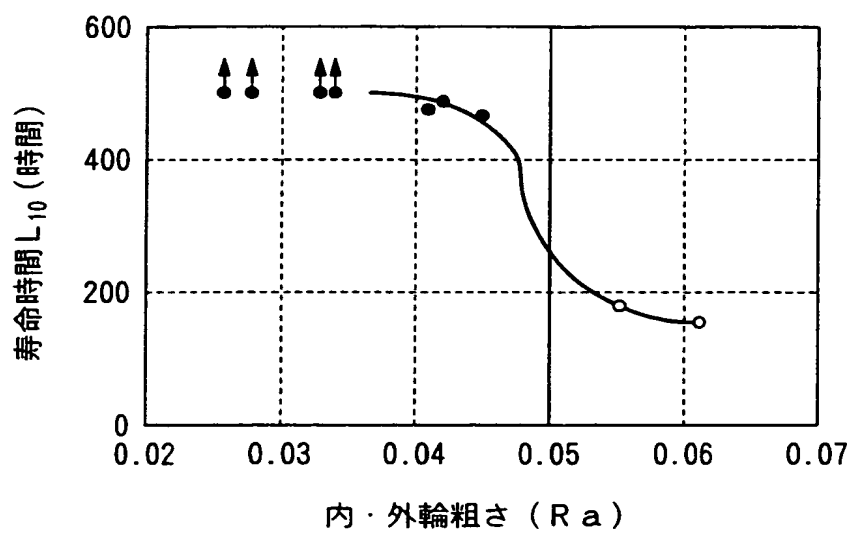


図 2



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

図 3

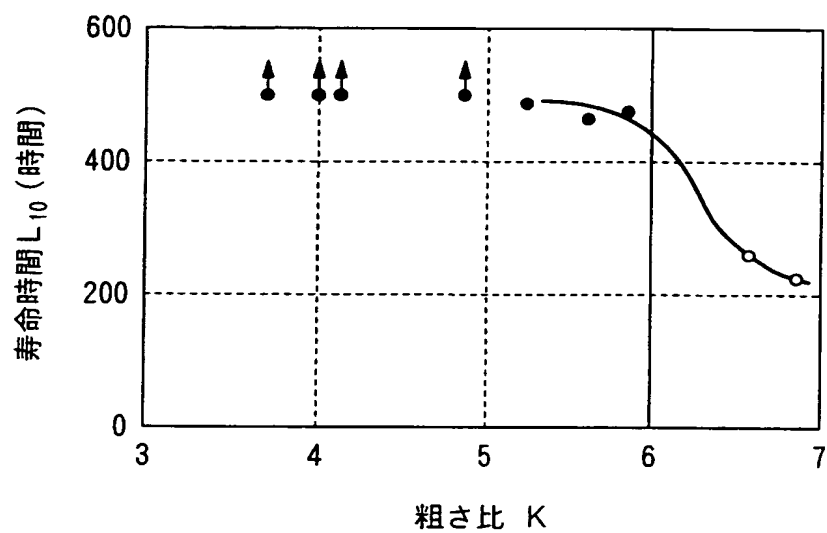
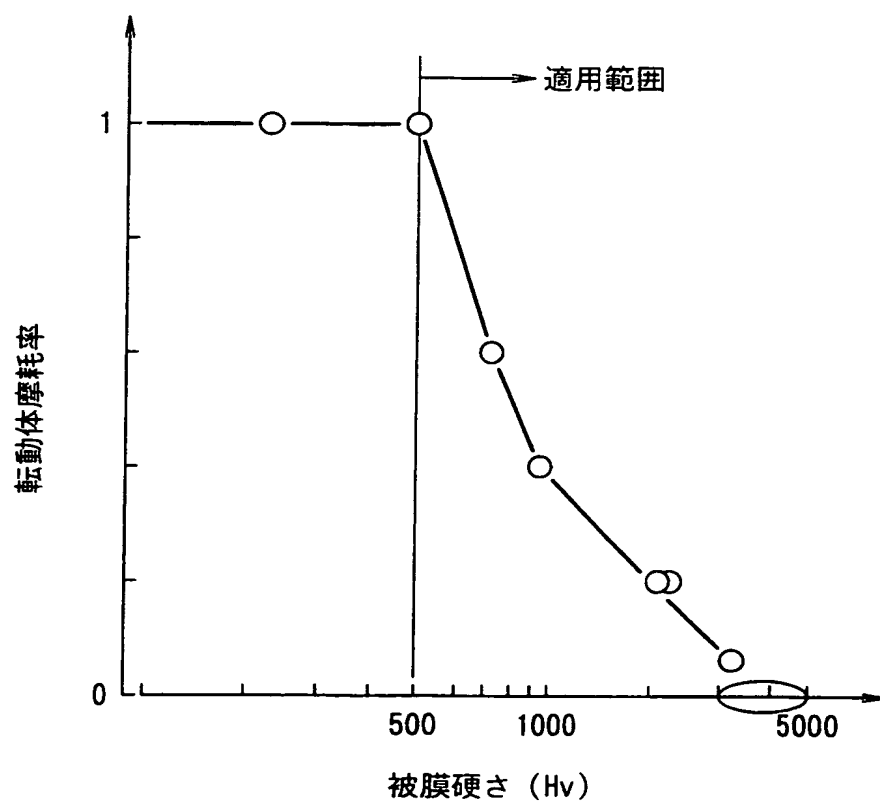


図 4



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

図 5

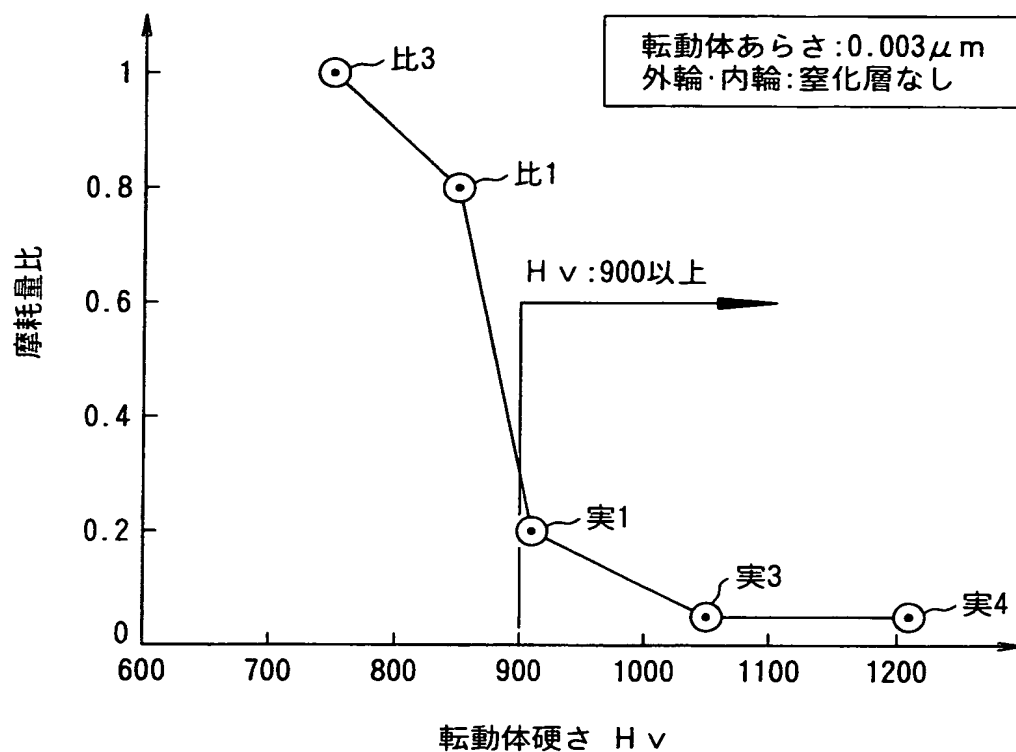
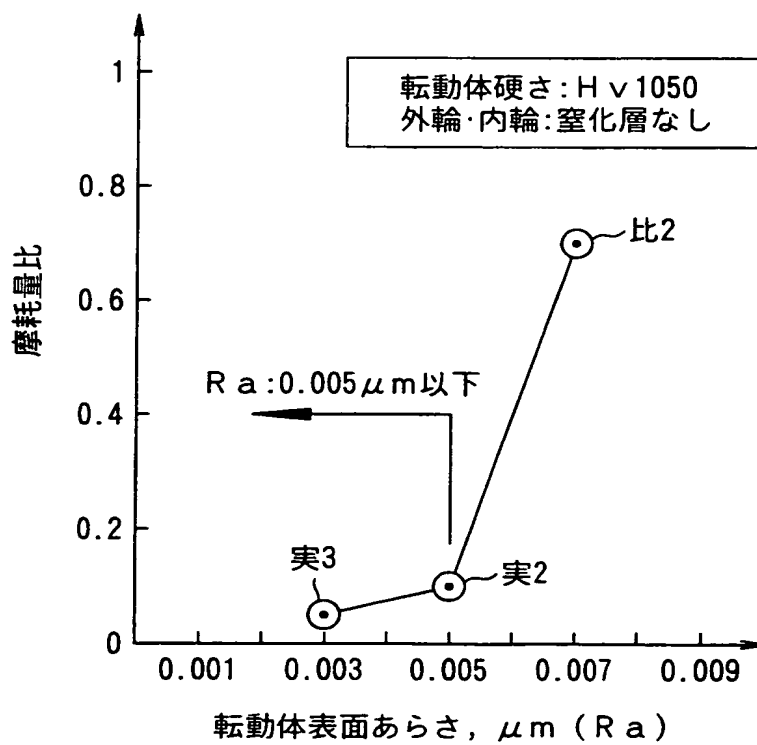


図 6



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

図 7

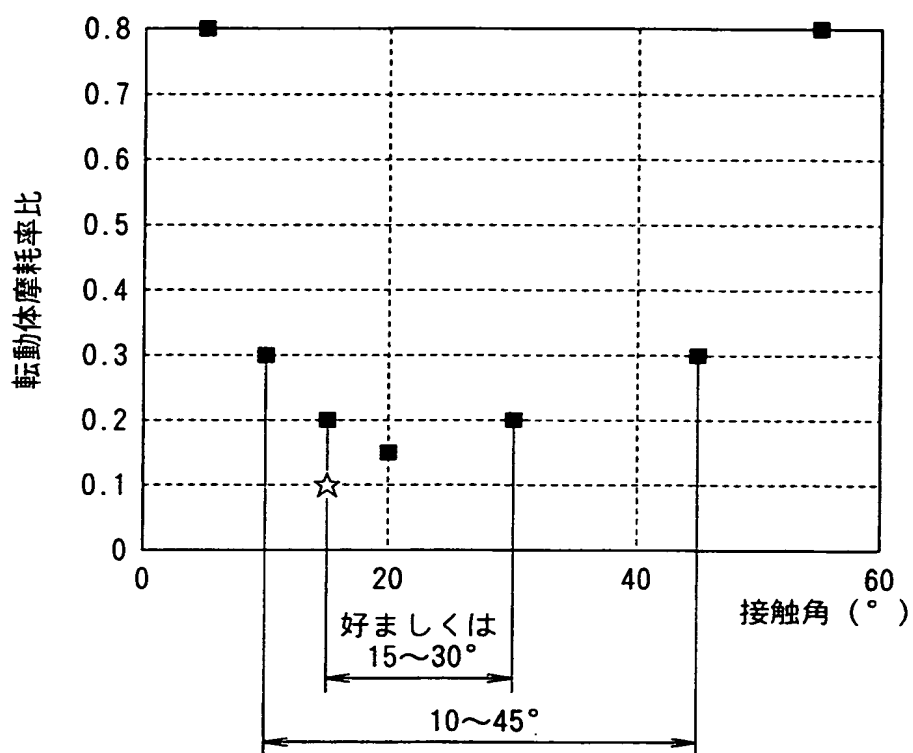
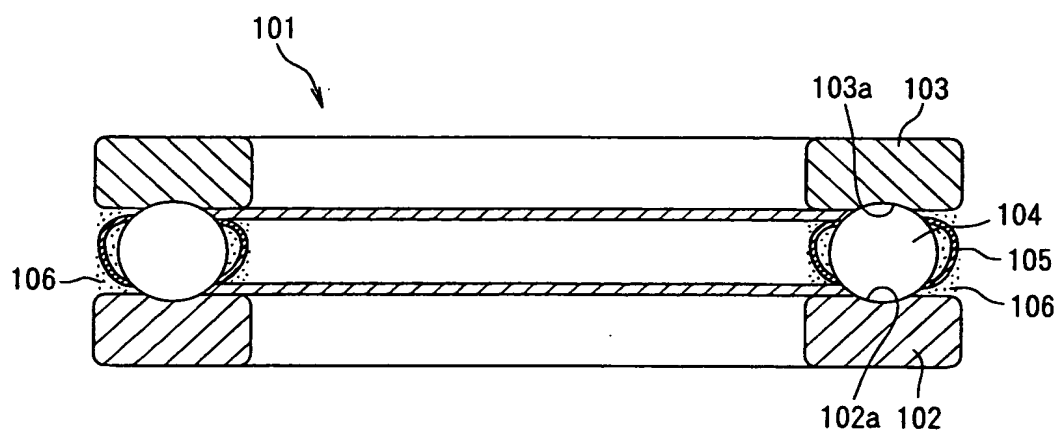


図 8



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



図 9

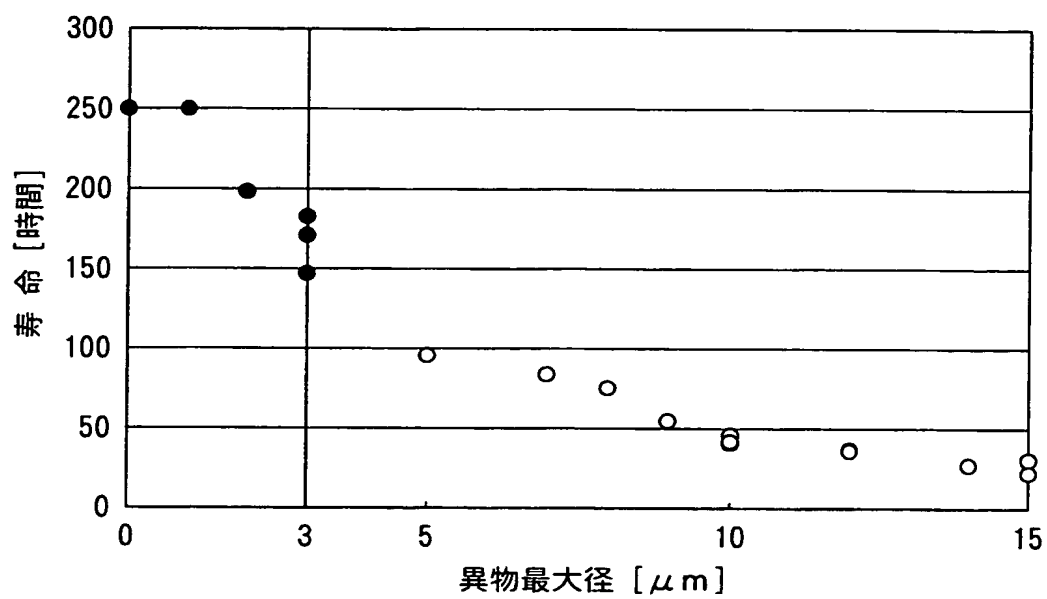
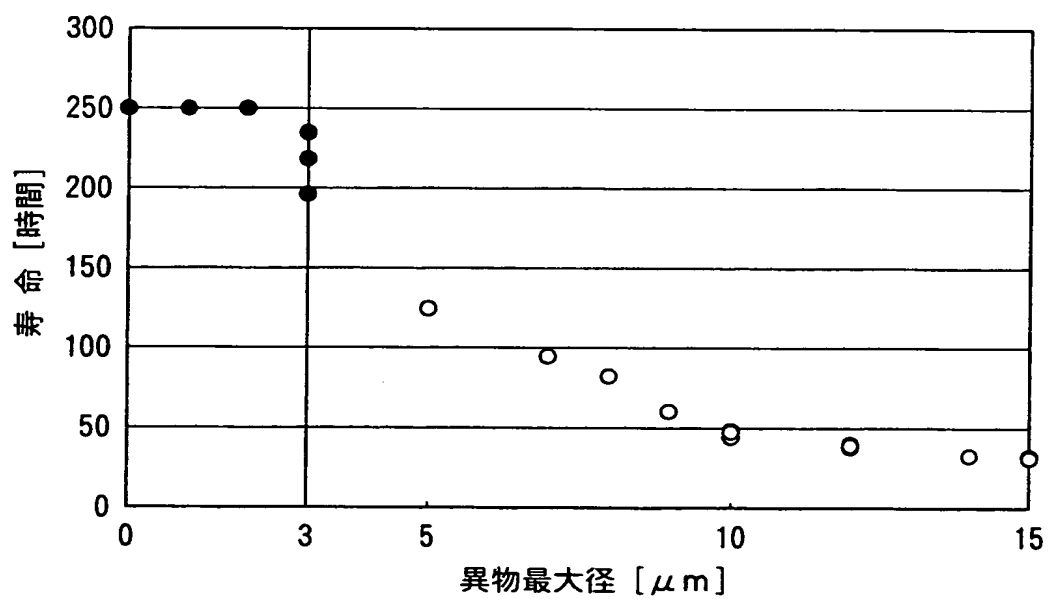


図 10



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

図 1 1

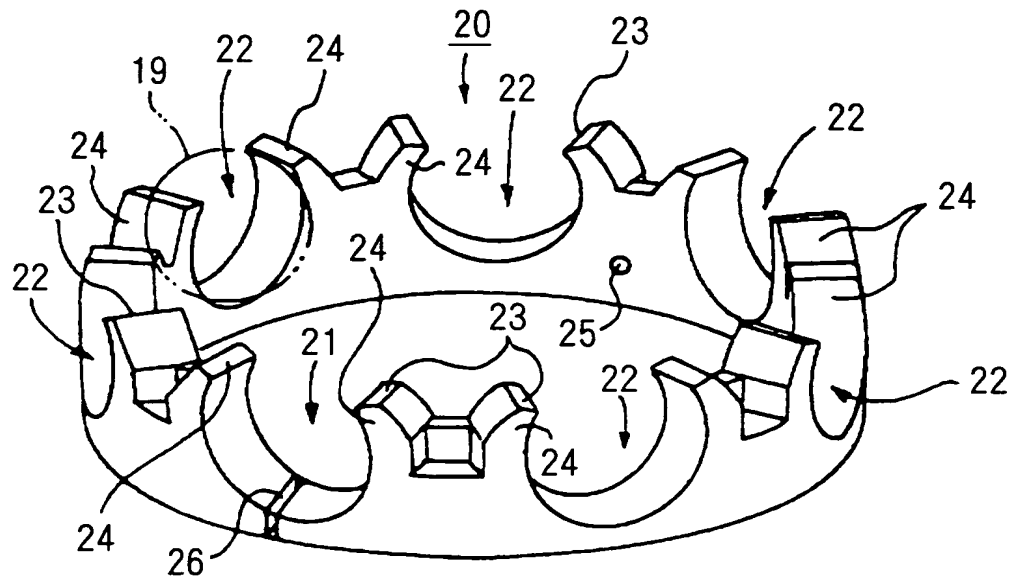
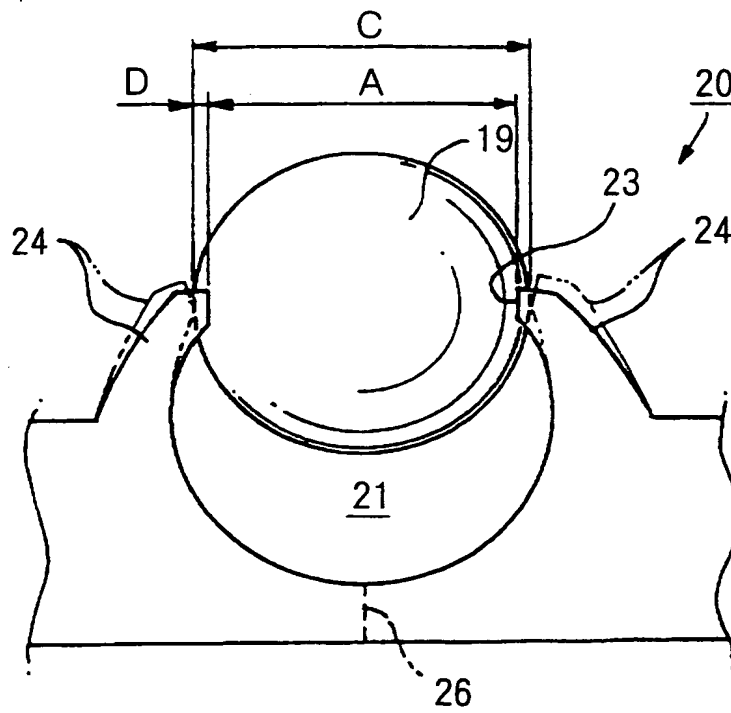


図 1 2



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

図 1 4

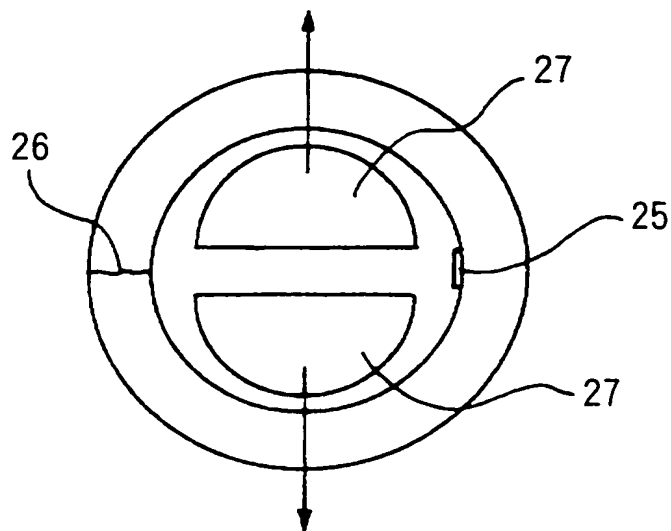
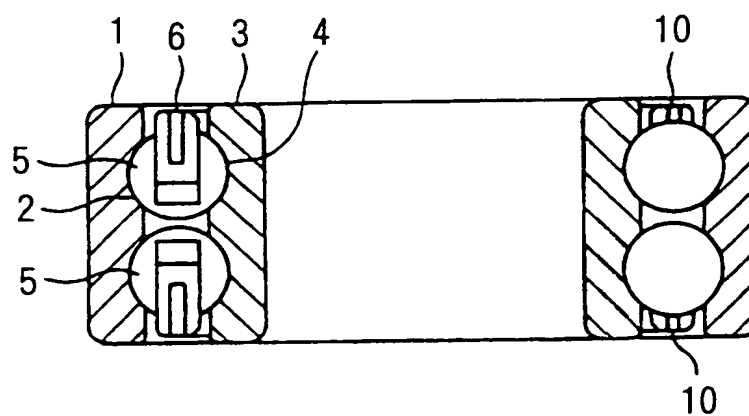


図 1 5



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



図 16

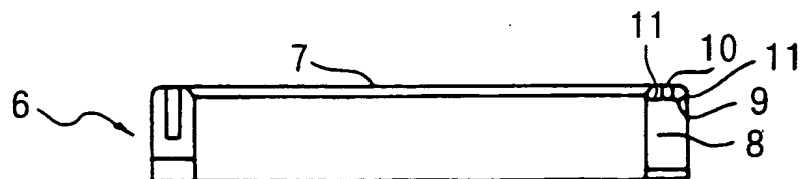
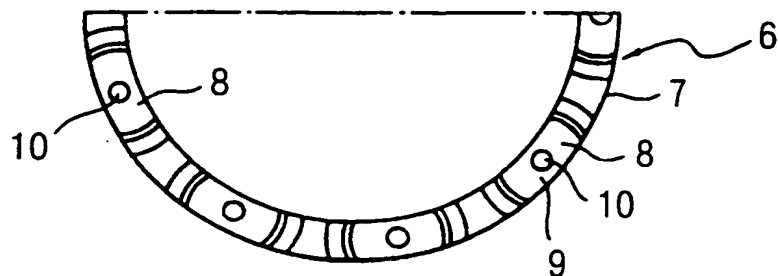


図 17



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

図 18

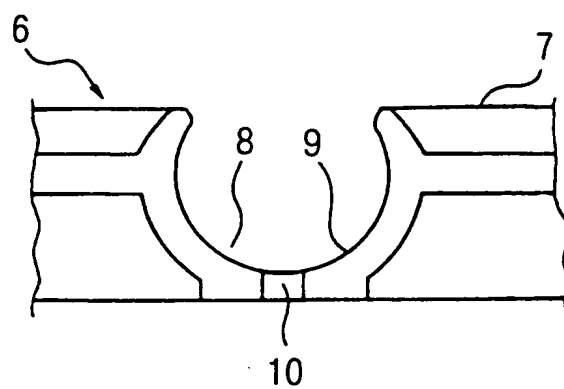
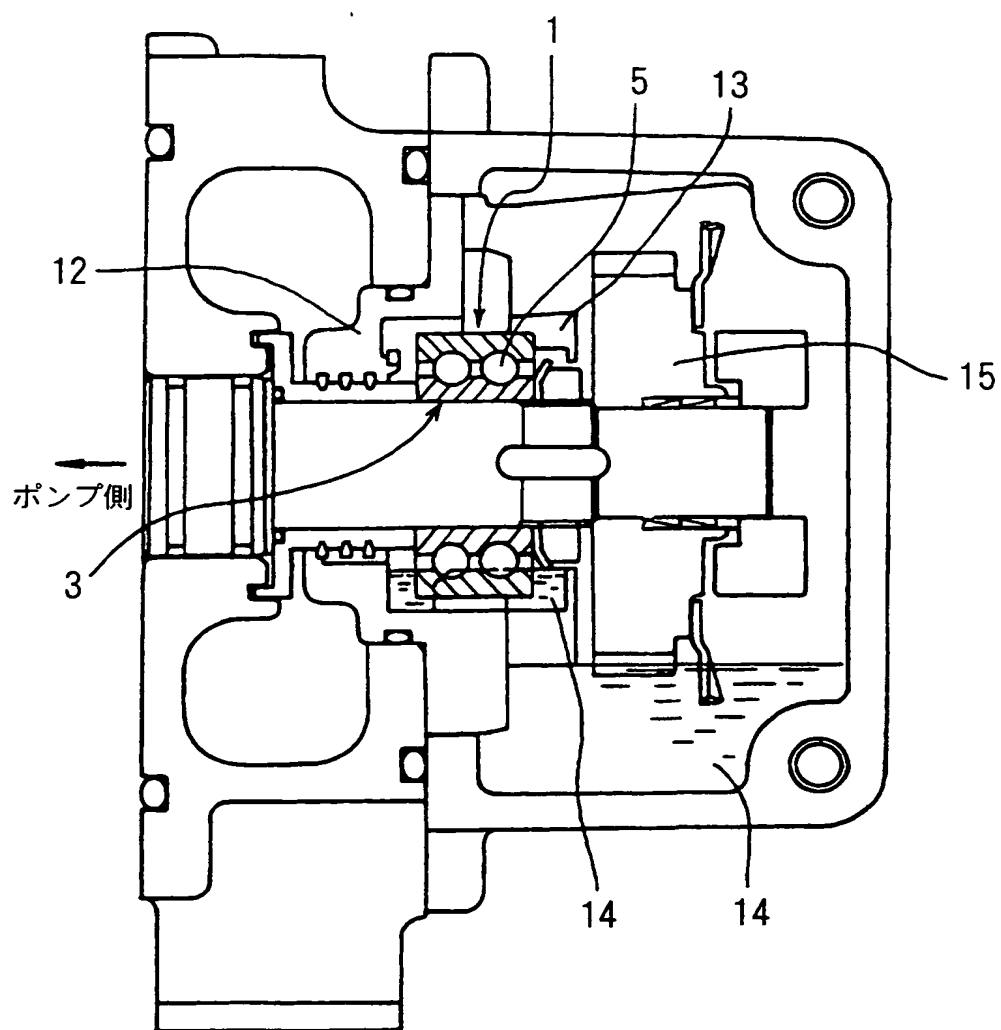


図 19



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

図 2 0

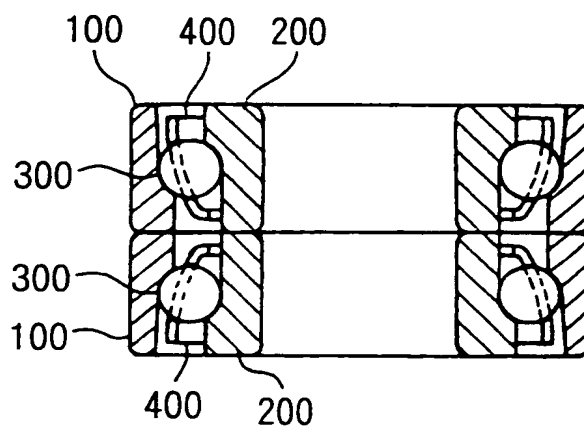


図 2 1

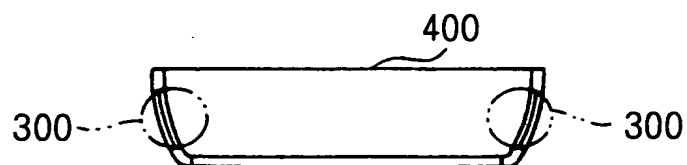
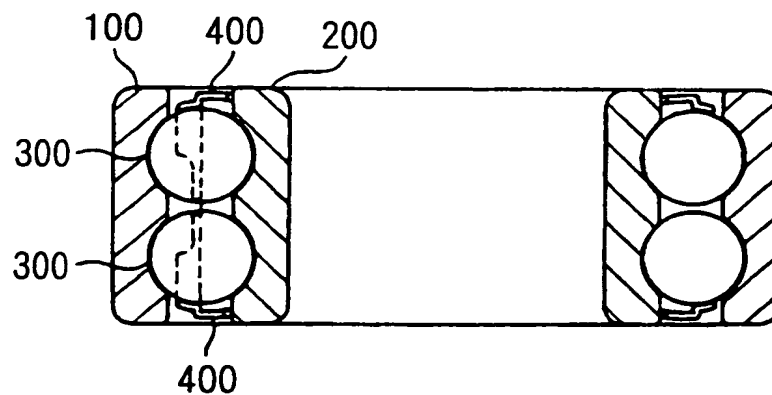


図 2 2



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

図 2 3

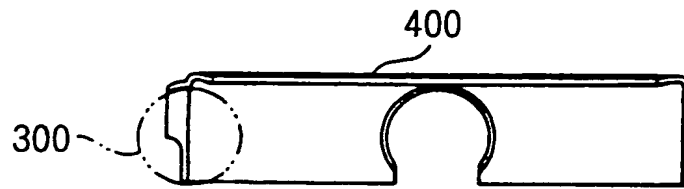
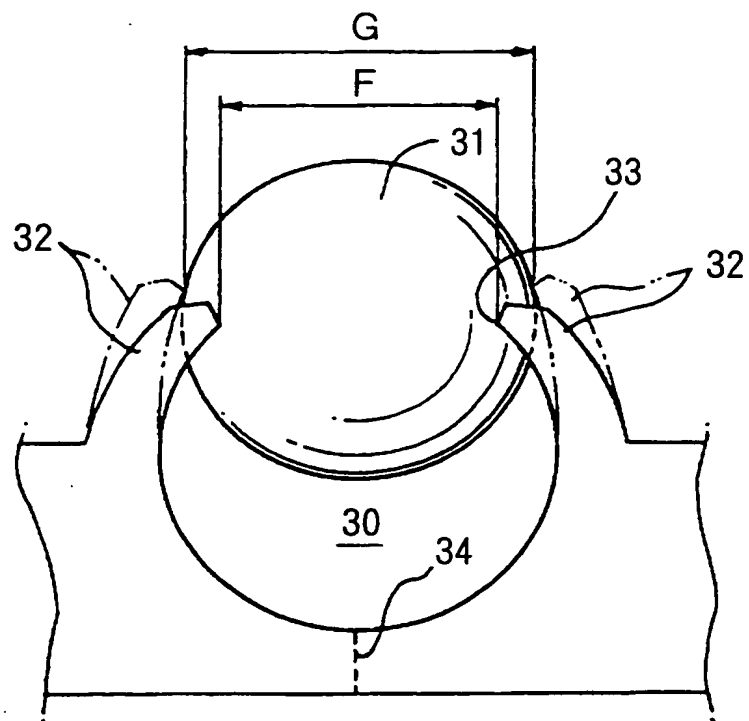


図 2 4



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



## P C T

## 国際調査報告

(法 8 条、法施行規則第40、41条)  
〔P C T 1 8 条、P C T 規則43、44〕

出願人又は代理人 の書類記号 NSK-132-PCT	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(P C T / I S A / 2 2 0 ) 及び下記 5 を参照すること。	
国際出願番号 P C T / J P 0 0 / 0 2 9 6 1	国際出願日 (日.月.年) 0 9 . 0 5 . 0 0	優先日 (日.月.年) 1 0 . 0 5 . 9 9
出願人 (氏名又は名称) 日本精工株式会社		

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条 ( P C T 1 8 条 ) の規定に従い出願人に送付する。  
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 5 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

## 1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない (第 I 欄参照)。

3. ☒ 発明の単一性が欠如している (第 II 欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第 III 欄に示されているように、法施行規則第47条 ( P C T 規則38.2(b) ) の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から 1 カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、

第 7 図とする。 ☒ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☐ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/02961

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> F16C19/34, 33/32, 33/58, 33/44

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> F16C19/00-19/56, 33/30-33/66

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	Junzo Okamoto et al., "Tribology-Sosho 4, Korogari Jiku Uke-sono Tokusei to Jitsuyo Sekkei-2 <sup>nd</sup> ed." 31 January, 1992 (31.01.92), Kabushiki Kaisha Yuki Shobo (Japan) page 47, Table 4.3(i) "Angular Tama Jiku Uke"; page 111, Table 5.2 "Hi Sekken Ki Grease"	1, 2 3-10
Y	JP, 7-190067, A (Koyo Seiko Co., Ltd.), 28 July, 1995 (28.07.95), Column 4, lines 6 to 9; Column 4, lines 17 to 26 & US, 5516214, A & DE, 4446088, A	1-7, 9, 10
Y	JP, 9-229072, A (NSK Ltd.), 02 September, 1997 (02.09.97), page 3, Table 1; implementation examples 1, 4 (Family: none)	3, 5
Y	JP, 11-62990, A (NSK Ltd.), 05 March, 1999 (05.03.99), Column 7; lines 8 to 12 (Family: none)	3, 6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
01 August, 2000 (01.08.00)Date of mailing of the international search report  
15 August, 2000 (15.08.00)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/02961

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

There are phrases that "selectively has a retainer" contradicting the other parts in claims 1, and 8 to 10.

However, the inventions of claims 1-7 relate to "a full complement angular ball bearing" as described in independent claim 1 and therefore the bearing is one having no retainer. Further the technical feature of the inventions of the claims is the rolling elements or the outer and inner rings. In contrast, the technical feature of the inventions of claims 8 to 10 is the retainer and therefore the retainer is essential. Therefore the group of inventions of claims 1 to 7 and the group of inventions of claims 8 to 10 do not fulfill the requirement of unity of invention.

(Continue to the extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/02961

## Continuation of Box No. II. of continuing of the first sheet (1)

The technical feature of the invention of claim 8 is the dimensions of the opening of the retainer. In contrast, the technical feature of the invention of claim 9 is the material of the retainer and the shape of the inlet of the lubricant. Therefore the invention of claim 8 and the invention of claim 9 do not fulfill the requirement of unity of invention.

The technical features of invention of claim 10 include both the technical feature of invention of claim 8 and that of claim 9. Therefore the claim 10 can be made dependent on claim 8 or 9 and thereby the invention of claim 10 together with claim 8 or 9 does fulfill the requirement of unity of invention.

Therefore, in the international application, there are at least three groups of inventions that are not so linked as to form a single general inventive concept.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/02961

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 10-196658, A (NTN Corporation), 31 July, 1998 (31.07.98), page 3, Table 1 "Kokyu no Hyoumen Arasa ( $\mu$ m)" (Family: none)	3
Y	JP, 10-103356, A (NSK Ltd.), 21 April, 1998 (21.04.98), Column 1, lines 4 to 5 (Family: none)	3
Y	JP, 11-80923, A (NTN Corporation), 26 March, 1999 (26.03.99), page 4, Table 3 "Hon Hatsumei Rei 13%Cr Kou" (Family: none)	4, 5
Y	JP, 11-101250, A (NSK Ltd.), 13 April, 1999 (13.04.99), Column 1, lines 2 to 6; Column 3, lines 10 to 23 (Family: none)	4, 5
Y	US, 5199799, A (International Business Corp.), 06 April, 1993 (06.04.93) & JP, 4-181018, A & EP, 486218, A	9, 10
Y	JP, 61-215811, A (Koyo Seiko Co., Ltd.), 25 September, 1986 (25.09.86), page 1, lower left column, lines 5 to 11 (Family: none)	9, 10
Y	JP, 7-217659, A (Koyo Seiko Co., Ltd.), 15 August, 1995 (15.08.95), Column 1, lines 2 to 6 (Family: none)	9, 10
A	JP, 6-54921, U (NTN Corporation), 26 July, 1994 (26.07.94), Claim 1 (Family: none)	8, 10
A	JP, 7-63222, A (Koyo Seiko Co., Ltd.), 07 March, 1995 (07.03.95), Column 2, lines 5 to 8 (Family: none)	8, 10
A	JP, 7-208481, A (NTN Corporation), 11 August, 1995 (11.08.95), Column 2, lines 43 to 50 (Family: none)	8, 10
A	JP, 6-165790, A (Koyo Seiko Co., Ltd.), 14 June, 1994 (14.06.94), Column 1, lines 6 to 9 (Family: none)	9

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. <sup>7</sup> F16C19/34, 33/32, 33/58, 33/44

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. <sup>7</sup> F16C19/00-19/56, 33/30-33/66

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2000年

日本国登録実用新案公報 1994-2000年

日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	岡本純三、角田和雄 共著「トライボロジー叢書4 転がり軸受—その特性と実用設計—第二版」31. 1月. 1992 (31. 01. 92), 株式会社 幸書房 (日本国) 第47頁、表4. 3 (i)、「アンギュラ玉軸受」の部分、第111頁、表5. 2、「非石けん基グリース」の部分	1, 2 3-10
Y	JP, 7-190067, A (光洋精工株式会社), 28. 7月. 1995 (28. 07. 95), 第4欄, 第6-9行、第4欄, 第17-26行 & US, 5516214, A & DE, 4446088, A	1-7, 9, 10
Y	JP, 9-229072, A (日本精工株式会社), 2. 9月. 1	3, 5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

01. 08. 00

国際調査報告の発送日

15.08.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

栗林 敏彦



3W

7828

電話番号 03-3581-1101 内線 3366

## 第Ⅰ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT 17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第Ⅱ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるときの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1項、8～10項には、それぞれ「保持器を選択的に有し」という他の部分の記載と矛盾した記載がある。

しかしながら、請求の範囲1～7に記載された発明は、独立請求項1に記載されているように「総玉のアンギュラ玉軸受」であるから、保持器を有さない軸受であり、且つ、転動体又は外輪、内輪に技術的特徴を有するものである。一方、請求の範囲8～10に記載された発明は、保持器に技術的特徴を有するものであるから、保持器の存在が必須である。したがって、請求の範囲1～7記載の発明と、請求の範囲8～10記載の発明とは、単一性を有さない。

(特別頁に続く)

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。



C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	997 (02. 09. 97), 第3頁, 表1, 比較例1及び比較例4の部分 (ファミリーなし) JP, 11-62990, A (日本精工株式会社), 5. 3月. 1999 (05. 03. 99), 第7欄, 第8-12行 (ファミリーなし)	3, 6
Y	JP, 10-196658, A (NTN株式会社), 31. 7月. 1998 (31. 07. 98), 第3頁, 表1の「鋼球の表面粗さ ( $\mu\text{m}$ )」の部分 (ファミリーなし)	3
Y	JP, 10-103356, A (日本精工株式会社), 21. 4月. 1998 (21. 04. 98), 第1欄, 第4-5行 (ファミリーなし)	3
Y	JP, 11-80923, A (NTN株式会社), 26. 3月. 1999 (26. 03. 99), 第4頁, 表3「本発明例13%Cr鋼」の部分 (ファミリーなし)	4, 5
Y	JP, 11-101250, A (日本精工株式会社), 13. 4月. 1999 (13. 04. 99), 第1欄, 第2-6行、第3欄, 第10-23行 (ファミリーなし)	4, 5
Y	US, 5199799, A (International Business Corp.), 6. 4月. 1993 (06. 04. 93), & JP, 4-181018, A & EP, 486218, A	9, 10
Y	JP, 61-215811, A (光洋精工株式会社), 25. 9月. 1986 (25. 09. 86), 第1頁、左下欄、第5-11行 (ファミリーなし)	9, 10
Y	JP, 7-217659, A (光洋精工株式会社), 15. 8月. 1995 (15. 08. 95), 第1欄, 第2-6行 (ファミリーなし)	9, 10
A	JP, 6-54921, U (NTN株式会社), 26. 7月. 1994 (26. 07. 94), 請求項1 (ファミリーなし)	8, 10
A	JP, 7-63222, A (光洋精工株式会社), 7. 3月. 1995 (07. 03. 95), 第2欄, 第5-8行 (ファミリーなし)	8, 10
A	JP, 7-208481, A (NTN株式会社), 11. 8月. 1995 (11. 08. 95), 第2欄, 第43-50行 (ファミリーなし)	8, 10
A	JP, 6-165790, A (光洋精工株式会社), 14. 6月. 1994 (14. 06. 94), 第1欄、第6-9行 (ファミリーなし)	9

## 第II欄の続き

また、請求の範囲8記載の発明は、保持器の開口部寸法に技術的特徴を有する発明であり、請求の範囲9記載の発明は、保持器の材料と潤滑油導入用の形状とに技術的特徴を有する発明であるから、請求の範囲8記載の発明と請求の範囲9記載の発明とは、単一性を有さない。

請求の範囲10記載の発明は、請求の範囲8記載の発明の技術的特徴と請求の範囲9記載の発明の技術的特徴とを併せ持った発明であるから、請求の範囲8の従属項又は請求の範囲9の従属項とすることにより、請求の範囲8又は請求の範囲9記載の発明と単一性を有する発明になり得る。

したがって、この出願の請求の範囲には、互いに単一性を有さない発明が、少なくとも3つ記載されている。